

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202090132** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.08.03

(51) Int. Cl. **C02F 1/20** (2006.01)
C02F 1/26 (2006.01)
C02F 9/00 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2018.08.20

**(54) ОБРАБОТКА СОЛЕННОЙ ВОДЫ ДЛЯ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ НУЖД**

(31) **62/547,971**

(72) Изобретатель:
**Ганзи Гэри К., Уилкинс Фредерик К.
(US)**

(32) **2017.08.21**

(33) **US**

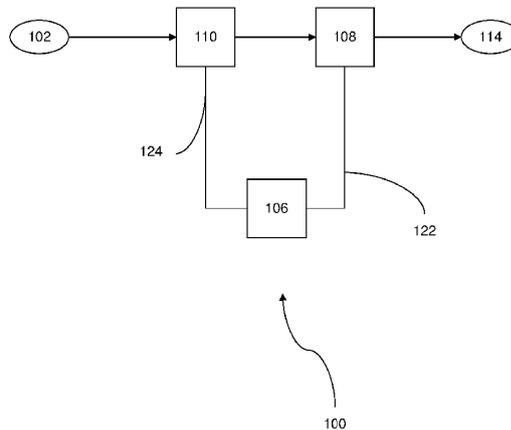
(86) **PCT/US2018/047034**

(74) Представитель:
Хмара М.В. (RU)

(87) **WO 2019/040350 2019.02.28**

(71) Заявитель:
**ЭВОКУА УОТЕР ТЕКНОЛОДЖИЗ
ЛЛК (US)**

(57) Представлены системы обработки воды, включающие электроприводные устройства для разделения и устройства для разделения с градиентом давления, сконструированные с возможностью получения первой обработанной воды, подходящей для применения в качестве воды для орошения, и второй обработанной воды, подходящей для применения в качестве хозяйственной воды, из воды одного из следующих типов: солоноватой воды и соленой воды, а также способы функционирования таких систем.



202090132

A1

A1

202090132

ОБРАБОТКА СОЛЕННОЙ ВОДЫ ДЛЯ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ НУЖД

ССЫЛКИ НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

5 В соответствии с параграфом 35 U.S.C. § 119(e), настоящая заявка претендует на приоритет Предварительной патентной заявки US 62/547971, озаглавленной "Treatment of saline water for agricultural and potable use (Обработка соленой воды для ее использования для сельскохозяйственных и хозяйственных нужд)", поданной 21 августа 2017 года, содержание которой полностью включено в настоящее описание посредством ссылки.

10 ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее изобретение относится к системам и способам предоставления воды для орошения сельскохозяйственных культур, а также хозяйственной воды и, в частности, к системам и способам получения воды для орошения и/или хозяйственной воды из воды, имеющей неприемлемое содержание растворенных
15 твердых веществ.

ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Изменение климата и связанное с ним повышение общемировых температур все в большей степени начинает угрожать сельскому хозяйству, и фермерским хозяйствам требуется все большее количество воды для орошения
20 сельскохозяйственных культур. Фактором, ограничивающим повышение объема воды, используемой для орошения сельскохозяйственных земель, является доступность пресной воды. Сельское хозяйство потребляет больше пресной воды, чем любая другая отрасль промышленности – по оценкам, до 70% всей потребляемой общемировой пресной воды. Во многих регионах уже в настоящее
25 время имеется дефицит воды. Усиливающееся глобальное потепление может приводить к возникновению дополнительных проблем, связанных с доступностью пресной воды, например, в результате изменения географического распределения пресной воды и изменения распределения, количества и годовичного графика дождей. Соответственно, получение воды, подходящей для орошения, из источников
30 неподходящей в некоторых отношениях воды может стать весьма важным.

Обессоливанием или опреснением (или деминерализацией) называется обработка воды, которая позволяет удалять соли из, например, воды. В некоторых

примерах источником воды является солоноватая или морская вода, и применяемые методики ее обессоливания позволяют по меньшей мере частично обеспечить спрос муниципальных организаций на хозяйственную питьевую воду. Методики опреснения обычно включают методики, основанные на дистилляции и обратном осмосе. Обессоленную воду также могут потреблять коммерческие и промышленные предприятия, например, в качестве технологической воды, воды, подаваемой в кипятильники (бойлеры), хозяйственной воды, питьевой воды и воды для орошения. Конкретные примеры промышленных предприятий, которые могут использовать обессоленную воду, включают предприятия фармацевтической, горнодобывающей, целлюлозно-бумажной промышленности и сельского хозяйства.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Один из аспектов изобретения относится к системе обработки воды, предназначенной для получения хозяйственной воды и воды для орошения из соленой воды. Система включает устройство для электродиализа, включающее одну или более мембран, селективных по отношению к одновалентным ионам, и имеющее впускное отверстие, выполненное с возможностью гидравлического соединения с источником воды, подлежащей обработке, в которой концентрация растворенных солей составляет от 500 мг/л до 10000 мг/л, выпускное отверстие для разбавленного раствора и выпускное отверстие для концентрата; устройство для нанофильтрации низкого давления, расположенное ниже по потоку относительно устройства для электродиализа и имеющее впускное отверстие, выполненное с возможностью гидравлического соединения с выпускным отверстием для разбавленного раствора, имеющимся в устройстве для электродиализа, выпускное отверстие для пермеата (т.е. фракции, прошедшей через мембрану) и выпускное отверстие для ретентата (т.е. удерживаемой фракции, не прошедшей через мембрану); распределительную систему орошения, выполненную с возможностью гидравлического соединения с выпускным отверстием для ретентата, имеющимся в устройстве нанофильтрации, и с выпускным отверстием для разбавленного раствора, имеющимся в устройстве для электродиализа; и перенаправляющую систему, сконструированную с возможностью изменения количества разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа и направляемого в распределительную систему орошения, и количества разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа и направляемого в устройство нанофильтрации.

В некоторых примерах осуществления один или оба указанных раствора: разбавленный раствор, извлекаемый из системы электродиализа, и пермеат, извлекаемый из системы нанофильтрации, подвергаются последующей обработке для удаления избытка бора.

- 5 В некоторых примерах осуществления система дополнительно включает систему предварительного фильтрования, находящуюся в гидравлическом соединении с источником воды, подлежащей обработке, и впускным отверстием устройства для электродиализа и расположенную между источником воды, подлежащей обработке, и впускным отверстием устройства для электродиализа.
- 10 Система предварительного фильтрования может включать по меньшей мере одно из следующих устройств: микрофильтр, осадитель, сетчатый (экранный) фильтр, микропесчаный фильтр и фильтр для крупнодисперсных частиц. Перед системой предварительного фильтрования может быть установлена система регулирования pH и система отгонки воздухом.
- 15 В некоторых примерах осуществления система дополнительно включает трубопровод, соединяющий гидравлическим соединением выпускное отверстие для пермеата устройства нанофильтрации с по меньшей мере одним из следующих отверстий: впускным отверстием отделения для концентрирования или впускным отверстием отделения для электродного потока устройства для электродиализа.
- 20 Трубопровод может непосредственно соединять выпускное отверстие для пермеата, имеющееся в устройстве нанофильтрации, с по меньшей мере одним из следующих отверстий: впускным отверстием отделения для концентрирования или впускным отверстием отделения для электродного потока устройства для электродиализа.
- 25 В некоторых примерах осуществления выпускное отверстие для концентрата устройства для электродиализа может быть соединено гидравлическим соединением с впускным отверстием системы электрохимической генерации тока с целью получения одного или более из следующих продуктов: газообразного хлора, гипохлорит-иона, гидроксида натрия, серной кислоты или соляной кислоты. Система электрохимической генерации тока может быть соединена гидравлическим соединением с источником регулятора pH, сконструированным с возможностью введения регулятора pH в обрабатываемую воду.
- 30

В некоторых примерах осуществления система дополнительно включает устройство для умягчения воды, расположенное выше по потоку относительно впускного отверстия системы электрохимической генерации тока.

5 В некоторых примерах осуществления система дополнительно включает систему обработки пермеата, извлекаемого из устройства нанофильтрации, где обработка пермеата включает по меньшей мере одно из следующих воздействий: повышение рН, понижение рН, добавление газообразного хлора или добавление гипохлорит-иона.

10 В некоторых примерах осуществления устройство для электродиализа дополнительно включает одну или более мембран, селективных по отношению к одновалентным катионам.

15 В некоторых примерах осуществления одна или более мембран, селективных по отношению к одновалентным катионам, имеет коэффициент селективности к натрию по сравнению с кальцием, составляющий по меньшей мере приблизительно 2.

20 В некоторых примерах осуществления устройство для электродиализа дополнительно включает одну или более мембран, селективных по отношению к одновалентным анионам. Одна или более мембран, селективных по отношению к одновалентным анионам, может иметь коэффициент селективности к хлориду по сравнению с сульфатом, составляющий по меньшей мере приблизительно 2.

25 В некоторых примерах осуществления устройство для электродиализа сконструировано с возможностью получения разбавленного раствора, который имеет величину относительного показателя адсорбции натрия (англ. sodium adsorption ratio, сокращенно SAR), составляющую менее приблизительно 10. Устройство для электродиализа может быть сконструировано с возможностью получения разбавленного раствора, который имеет величину SAR, составляющую менее приблизительно 5. Устройство нанофильтрации может быть сконструировано с возможностью получения ретентата, который имеет величину SAR, составляющую меньше величины SAR разбавленного раствора. Устройство нанофильтрации
30 может быть сконструировано с возможностью получения ретентата и пермеата, причем величина SAR ретентата меньше величины SAR пермеата.

В некоторых примерах осуществления устройство для электродиализа сконструировано с возможностью получения разбавленного раствора, имеющего

более высокое отношение содержания двухвалентных катионов, включающих магний и кальций, к содержанию одновалентных катионов, включающих натрий, и более низкую общую концентрацию ионов, чем в обрабатываемой воде.

5 В некоторых примерах осуществления устройство нанофильтрации сконструировано с возможностью получения ретентата, в котором концентрация двухвалентных катионов превышает концентрацию двухвалентных катионов в разбавленном растворе и концентрация одновалентных катионов составляет менее концентрации одновалентных катионов в разбавленном растворе.

10 В некоторых примерах осуществления система дополнительно включает контроллер, сконструированный с возможностью регулирования количества разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа и направляемого в распределительную систему орошения, и количества разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа и направляемого в устройство нанофильтрации, с помощью перенаправляющей системы, где направляемое количество может составлять от 0% до 100% от количества разбавленного раствора, получаемого в устройстве для электродиализа. Контроллер может быть сконструирован с возможностью регулирования количества разбавленного раствора, направляемого в распределительную систему орошения, и количества разбавленного раствора, направляемого в устройство нанофильтрации, в зависимости от относительного необходимого количества воды для орошения и хозяйственной воды.

25 В некоторых примерах осуществления система дополнительно включает смеситель, сконструированный с возможностью смешивания разбавленного раствора, полученного в устройстве для электродиализа, с любым ретентатом, полученным в устройстве нанофильтрации, и с возможностью получения воды для орошения, величина SAR которой составляет промежуточное значение между величиной SAR разбавленного раствора и величиной SAR ретентата.

30 В некоторых примерах осуществления система дополнительно включает датчик, находящийся в соединении с контроллером, где датчик сконструирован с возможностью сообщения контроллеру показаний одного или более параметров одного из следующих растворов: разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа, и ретентата, извлекаемого из устройства нанофильтрации, и контроллер сконструирован с возможностью управления

перенаправляющей системой в соответствии с показаниями, полученными для одного или более параметров.

В некоторых примерах осуществления система дополнительно включает датчик, находящийся в соединении с контроллером, где датчик сконструирован с
5 возможностью сообщения контроллеру показаний одного или более параметров одного из следующих растворов: разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа, и ретентата, извлекаемого из устройства нанофильтрации, и контроллер сконструирован с возможностью регулирования
10 одного или более рабочих параметров устройства для электродиализа в соответствии с показаниями, полученными для одного или более параметров.

Другой аспект изобретения относится к способу обработки соленой воды с целью получения хозяйственной воды и воды для орошения. Способ включает подачу воды, подлежащей обработке, в которой концентрация растворенных солей
15 составляет от 500 мг/л до 10000 мг/л, во впускное отверстие устройства для электродиализа, включающего одну или более мембран, селективных по отношению к одновалентным катионам; обработку воды, подлежащей обработке, в устройстве для электродиализа с целью получения разбавленного раствора; определение количества разбавленного раствора, которое необходимо направить в
20 распределительную систему орошения, и количества разбавленного раствора, которое необходимо направить во впускное отверстие устройства для нанофильтрации низкого давления; обработку любого разбавленного раствора, подаваемого во впускное отверстие устройства для нанофильтрации низкого
25 давления, в устройстве нанофильтрации с целью получения пермеата и ретентата, и смешивание любого ретентата с любым из разбавленных растворов, направляемых в распределительную систему орошения, в распределительной системе орошения.

В некоторых примерах осуществления способ дополнительно включает подачу по меньшей мере части любого пермеата, полученного в устройстве нанофильтрации, в отделение для концентрирования устройства для
30 электродиализа.

В некоторых примерах осуществления получение разбавленного раствора в устройстве для электродиализа включает получение обработанной воды, которая имеет величину SAR, составляющую менее приблизительно 10.

В некоторых примерах осуществления получение разбавленного раствора в устройстве для электродиализа включает получение обработанной воды, которая имеет величину SAR, составляющую менее приблизительно 5.

5 В некоторых примерах осуществления получение ретентата в устройстве наночистоты включает получение обработанной воды, которая имеет величину SAR, составляющую менее величины SAR разбавленного раствора.

В некоторых примерах осуществления способ дополнительно включает подачу по меньшей мере части разбавленного раствора в распределительную систему орошения.

10 В некоторых примерах осуществления смешивание ретентата с разбавленным раствором, направляемым в распределительную систему орошения, включает получение воды для орошения, величина SAR которой составляет промежуточное значение между величиной SAR разбавленного раствора и величиной SAR ретентата.

15 В некоторых примерах осуществления смешивание ретентата с разбавленным раствором, направляемым в распределительную систему орошения, включает получение воды для орошения, величина SAR которой составляет менее приблизительно 8, и общее количество растворенных твердых веществ превышает приблизительно 750 частей на миллион.

20 В некоторых примерах осуществления способ дополнительно включает регулирование количества разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа и направляемого в распределительную систему орошения, и количества разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа и направляемого в устройство наночистоты, на основании
25 величин одного или более параметров разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа, и расхода ретентата, извлекаемого из устройства наночистоты.

В некоторых примерах осуществления способ дополнительно включает регулирование одного или более рабочих параметров устройства для
30 электродиализа на основании одного или более параметров одного из следующих растворов: разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа, и любого ретентата, извлекаемого из устройства наночистоты.

В некоторых примерах осуществления способ дополнительно включает предварительное фильтрование воды, подлежащей обработке, перед подачей воды, подлежащей обработке, во впускное отверстие устройства для электродиализа.

5 В некоторых примерах осуществления способ дополнительно включает подачу пермеата, подходящего для применения в качестве хозяйственной воды, из выпускного отверстия для пермеата устройства нанофильтрации в участок использования хозяйственной воды.

10 В некоторых примерах осуществления перед введением воды, подлежащей обработке, в устройство для электродиализа снижают рН воды, подлежащей обработке, в результате чего снижается концентрация бикарбонатных ионов в обрабатываемой воде. Показатель рН может быть снижен посредством добавления контролируемого количества либо соляной, либо серной кислоты. Количество соляной или серной кислоты, добавляемой к воде, подлежащей обработке, может
15 быть определено из соотношения между рН воды, подлежащей обработке, и либо рН концентрированного водного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа, либо величины SAR разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа. Вода, подлежащая обработке и имеющая пониженный рН, может быть обработана в устройстве для отгонки воздухом с целью
20 удаления части растворенного или газообразного диоксида углерода перед введением воды, подлежащей обработке, в устройство для электродиализа.

В некоторых примерах осуществления воду, подлежащую обработке, подвергают аэрации, после которой производят фильтрование, что приводит к
25 частичному снижению концентрации одного или более перечисленных элементов или их соединений: железа, марганца, мышьяка или серы, перед введением воды, подлежащей обработке, в устройство для электродиализа.

В некоторых примерах осуществления отношение потока, вытекающего из выпускного отверстия для ретентата, к потоку пермеата, протекающему через устройство нанофильтрации, регулируют с целью снижения риска образования
30 отложений веществ, растворенных в ретентате, получаемом при нанофильтрации.

В некоторых примерах осуществления поток, получаемый из одного или более следующих потоков: потока пермеата, получаемого при нанофильтрации, или потока, выпускаемого из выпускного отверстия для разбавленного раствора

устройства электродиализа, дополнительно обрабатывают для снижения концентрации растворенных соединений бора.

5 В некоторых примерах осуществления управление и регулирование системы, включающей устройство нанофильтрации и устройство для электродиализа, осуществляют таким образом, что пермеат, извлекаемый из устройства нанофильтрации, соответствует стандартам качества для хозяйственной питьевой воды.

10 В некоторых примерах осуществления концентрации растворенных соединений бора или растворенного оксида кремния или обоих этих веществ в обрабатываемой воде остаются по существу одинаковыми в концентрированном и разбавленном потоках устройства для электродиализа и ретентате или пермеате или как в ретентате, так и в пермеате, извлекаемом из устройства нанофильтрации.

15 В некоторых примерах осуществления управление и регулирование системы, включающей устройство нанофильтрации и устройство для электродиализа, осуществляют таким образом, что ретентат, извлекаемый из устройства нанофильтрации, разбавленный раствор, извлекаемый из устройства для электродиализа, или их комбинация отвечают требованиям к качеству воды для сельскохозяйственного назначения.

20 В некоторых примерах осуществления управление и регулирование системы, включающей устройство нанофильтрации и устройство для электродиализа, осуществляют таким образом, что концентрат из устройства для электродиализа соответствует стандартам качества для воды, используемой в операциях по добыче нефти. Перед применением в операциях по добыче нефти концентрат может быть подвергнут либо ионообменному умягчению для снижения концентрации
25 двухвалентных катионов, либо операции регулирования pH.

В некоторых примерах осуществления отношение концентрации двухвалентных селенат-ионов или селенит-ионов к концентрации хлорид-ионов в концентрате, извлекаемом из устройства для электродиализа, ниже величины этого отношения в воде, подлежащей обработке.

30 В некоторых примерах осуществления отношение концентрации двухвалентных селенат-ионов или селенит-ионов к концентрации хлорид-ионов в разбавленном растворе, извлекаемом из устройства для электродиализа, ниже величины этого отношения в воде, подлежащей обработке, и отношение

концентрации ионов кальция к концентрации ионов натрия в разбавленном растворе, извлекаемом из устройства для электродиализа, превышает величину этого отношения в воде, подлежащей обработке.

5 В некоторых примерах осуществления способ дополнительно включает удаление в устройстве для электродиализа по меньшей мере приблизительно 50% нитрита, присутствующего в обрабатываемой воде. Способ может дополнительно
включать удаление в устройстве нанофильтрации по меньшей мере
приблизительно 50% нитрата, присутствующего в разбавленном растворе,
извлекаемом из устройства для электродиализа и направляемом в устройство
10 нанофильтрации.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Сопроводительные графические материалы не обязательно приведены в масштабе. Все идентичные или практически идентичные компоненты, изображенные на различных графических материалах, обозначены аналогичными
15 числовыми обозначениями. Для ясности не каждый компонент может быть обозначен на каждом из графических материалов. В графических материалах:

На Фиг. 1 схематически представлена система согласно одному или более аспектам изобретения;

20 На Фиг. 2 схематически представлена оросительная система согласно другим аспектам изобретения;

На Фиг. 3 схематически представлена другая система согласно другим аспектам изобретения;

На Фиг. 4 схематически представлена другая система согласно другим аспектам изобретения;

25 На Фиг. 5 схематически представлена другая система согласно другим аспектам изобретения; и

На Фиг. 6 изображен график, на котором представлены репрезентативные диапазоны приемлемых значений характеристик воды согласно некоторым аспектам изобретения.

СВЕДЕНИЯ, ПОДТВЕРЖДАЮЩИЕ ВОЗМОЖНОСТЬ
ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Прикладные аспекты настоящего изобретения не ограничены деталями конструкций и расположением компонентов, представленными в нижеследующем описании или приведенными в графических материалах. Изобретение может быть воплощено или осуществлено на практике способами, не идентичными иллюстративным способам воплощения, представленным в настоящей работе.

Дефицит воды для орошения, имеющей приемлемое качество, пагубно воздействует на урожаи сельскохозяйственных культур и может вызывать необходимость перехода на менее требовательные к воде виды сельскохозяйственных культур. Более современные способы орошения, которые требуют использования меньшего количества воды за счет применения таких методик, как капельное орошение, также могут приводить к неустойчивым состояниям из-за накопления в почве солей и загрязняющих веществ, поступающих с водой для орошения. Соленость почвы может достигать более высоких значений, чем концентрация солей в воде для орошения, поскольку большая часть воды поглощается сельскохозяйственными культурами и теряется при испарении. Условия орошения и почвы с источником воды, неподходящим для выщелачивания почвы, или недостаточное количество осадков в виде дождя может приводить к повышению солености почв до значений, в 4-5 раз превышающих соленость воды, применяемой для орошения. Кроме того, если земля состоит из относительно неглубоких непроницаемых грунтовых слоев, то добавление воды для орошения может повышать горизонт грунтовых вод. Если грунтовая вода с высокой соленостью достигает уровня корней сельскохозяйственных культур, то такая вода может негативно влиять на рост сельскохозяйственных культур. Кроме того, на соленых почвах может происходить повреждение лиственных сельскохозяйственных культур в результате отскакивания брызг воды от поверхности почвы. Кроме того, после отвода соленой воды от сельскохозяйственных земель, остающиеся в почве следовые количества таких загрязнений, как селен или бор, или загрязняющие вещества, остающиеся после применения таких удобрений, как нитраты, могут приводить к загрязнению дренажных вод, что затрудняет безопасный сброс отходящего потока.

Потребность в воде для орошения также конкурирует с потребностью в хозяйственной питьевой воде для человека и в воде, не содержащей загрязняющих

веществ, подходящей для сельскохозяйственных животных и диких животных. Таким образом, общеизвестно, что в сельскохозяйственных регионах необходим источник воды, включающий комбинацию воды для орошения и хозяйственной воды.

5 Один или более аспектов изобретения могут включать системы и методики для обеспечения водой, подходящей для сельскохозяйственных предприятий. Другие аспекты изобретения позволяют получать хозяйственную воду или воду, подходящую для потребления или использования человеком, а также воду, подходящую для потребления сельскохозяйственными животными и
10 сельскохозяйственной птицей. Некоторые системы и методики согласно изобретению позволяют превращать или иным образом делать непитьевую хозяйственную воду подходящей для потребления в сельском хозяйстве, потребления сельскохозяйственными животными, сельскохозяйственной птицей и/или человеком. Дополнительные аспекты изобретения могут включать системы и
15 методики, которые позволяют преимущественно или селективно удалять некоторые частицы по сравнению с другими частицами из обрабатываемой текучей среды, что позволяет получать продукт, имеющий одну или более требуемых характеристик. В отличие от неселективных методик, некоторые аспекты селективного удаления согласно изобретению могут быть более экономически выгодными, поскольку они
20 исключают или уменьшают дополнительную последующую обработку, например, смешивание. Таким образом, системы и методики согласно изобретению позволяют с меньшими затратами получать обработанную воду, более подходящую для предполагаемого использования.

В некоторых примерах осуществления изобретения некоторые типы частиц
25 остаются в обработанном потоке, в то время как другие типы частиц преимущественно удаляются. Полученная текучая среда может быть направлена в другие участки применения и/или применена для одной или более других целей. Другие аспекты изобретения могут включать системы и методики, позволяющие получать воду, имеющую одно или более свойств или характеристик, соответствующих определенным целям. Таким образом, некоторые примеры осуществления изобретения могут включать системы и методики, позволяющие
30 получать один или более потоков воды или водоемов, которые имеют одно или более свойств, отрегулированных таким образом, чтобы они соответствовали одному или более требованиям, предъявляемым к ним на участке использования
35 или предприятию, на котором будет применяться поток или водоем.

Другие аспекты изобретения могут включать системы и методики, которые позволяют экономичным образом получать воду для сельского хозяйства, промышленности, коммерческой деятельности и/или бытовых нужд. Дополнительно, некоторые конкретные аспекты изобретения могут включать получение воды, отвечающей ряду требований или имеющей соответствующие уровни чистоты или качества. Таким образом, в некоторых примерах осуществления системы и методики согласно изобретению позволяют получать в установке смешанного применения один или более потоков или резервуаров воды. Особенно предпочтительные аспекты изобретения могут включать предоставление совокупности потоков или резервуаров воды, каждый из которых может содержать воду различного качества, из источника воды, имеющего высокое содержание твердых веществ, и направлять их в различные участки применения, к каждому из которых могут быть предъявлены различные требования. Перечисленные аспекты изобретения позволяют предоставлять системы и методики, с помощью которых, например, не пригодная для хозяйственных нужд вода может быть превращена в хозяйственную воду и/или подходящую для орошения воду, воду, подходящую для потребления сельскохозяйственными животными и/или птицей и/или для потребления или использования человеком.

Согласно некоторым аспектам изобретения, вода, в которой растворено большое количество одной или более нежелательных частиц, может быть подвергнута обработке в целях удаления или по меньшей мере снижения концентрации этих частиц до приемлемого уровня. Одна или более нежелательных частиц может представлять собой любую частицу, которая делает необработанную воду неподходящей для конкретного применения. Например, вода может содержать высокую или нежелательную концентрацию одновалентных катионов и/или анионов, которые оказывают негативное влияние или нежелательным образом затрудняют удержание воды в почве или затрудняют поглощение других частиц, включающих, например, двухвалентные или даже многовалентные частицы. Если требование относится к орошению сельскохозяйственных культур, то нежелательное свойство или характеристика воды может включать наличие одной или более частиц, которые влияют на проницаемость орошаемой почвы и/или просачивание в орошаемую почву. Например, некоторые аспекты изобретения могут включать обработку воды для преимущественного удаления одновалентных частиц по сравнению с неодновалентными частицами.

Согласно одному или более конкретным аспектам, изобретение может включать примеры осуществления, относящиеся к системам и/или способам, включающим подачу или введение воды, подвергаемой обработке, в электроприводное устройство для разделения. Некоторые примеры осуществления изобретения могут включать оросительную систему, включающую электроприводное устройство для разделения, соединенное гидравлическим соединением или по меньшей мере подходящее для соединения гидравлическим соединением с одним или более источниками воды, подвергаемой обработке, и по меньшей мере одну систему распределения воды для орошения.

Другие аспекты изобретения могут относиться к способу предоставления хозяйственной воды. Некоторые аспекты изобретения могут относиться к воде для орошения и/или хозяйственной воде, которая может быть предоставлена без применения методик разделения или установок, включающих применение нагревания или высокого давления. Например, способ согласно некоторым примерам осуществления может включать одну или более операций или этапов подачи воды, подлежащей обработке, и обработку по меньшей мере части воды, подлежащей обработке, в электроприводном устройстве для разделения, в результате чего получают первую обработанную воду. Способ может дополнительно включать одну или более операций обработки части воды, подлежащей обработке, обычно отдельной части, в одном или более других устройствах для разделения с градиентом давления, в результате чего получают вторую обработанную воду. В некоторых случаях способ может дополнительно включать этап подачи первой обработанной воды в качестве подаваемого материала во второе устройство, в котором получают вторую обработанную воду, из которой получают хозяйственную воду. Хозяйственная вода обычно имеет целевое или требуемое общее количество растворенных твердых веществ (англ. total dissolved solids, сокращенно TDS), например, содержание TDS, составляющее менее приблизительно 500 частей на миллион.

Аспекты изобретения, относящиеся к системам, которые поставляют хозяйственную воду, могут включать источник воды, подлежащей обработке, и устройство для разделения с градиентом давления, имеющее впускное отверстие, которое соединено гидравлическим соединением или по меньшей мере подходит для соединения гидравлическим соединением с источником воды, подлежащей обработке. Устройство с градиентом давления также может иметь одно или более выпускных отверстий, обычно по меньшей мере одно выпускное отверстие для

продукта, такое как выпускное отверстие для обработанной воды. Устройство для разделения с градиентом давления также обычно имеет по меньшей мере одно выпускное отверстие для отходов, такое как выпускное отверстие для потока, содержащего один или более видов частиц, обычно нежелательных частиц, извлеченных из обработанной воды. Система получения хозяйственной воды может дополнительно включать одно или более электроприводных устройств для разделения, которые могут быть соединены гидравлическим соединением или могут подходить для соединения гидравлическим соединением с источником воды, подлежащей обработке, с устройством для разделения с градиентом давления или с обоими этими устройствами. Например, как более подробно описано ниже, одно или более электроприводные устройства для разделения могут быть соединены гидравлическим соединением с выпускным отверстием для отходов, имеющимся в устройстве для разделения с градиентом давления. Согласно конкретным примерам осуществления изобретения, система получения хозяйственной воды может дополнительно включать один или более смесителей, имеющих одно или более впускных отверстий, соединенных гидравлическим соединением или подходящих для соединения гидравлическим соединением с выпускным отверстием для обработанной воды, имеющимся в устройстве с градиентом давления, и с выпускным отверстием для воды-продукта, имеющимся в электроприводном устройстве для разделения. Смеситель может включать любое устройство для смешивания, которое позволяет по меньшей мере частично смешивать или объединять один или более потоков продукта, которые в некоторых случаях включают поток, направляемый из источника воды, подлежащей обработке, с образованием потока готового продукта, имеющего одну или более целевых характеристик.

Вода, подлежащая обработке, может включать солоноватую (слабоминерализованную) воду, TDS которой составляет от приблизительно 1500 мг/л (1500 частей на миллион) до приблизительно 5000 мг/л (5000 частей на миллион), и/или соленую воду, содержащую высокие концентрации растворенных твердых веществ или солей, в которой концентрация растворенных солей составляет, например, от приблизительно 500 мг/л до приблизительно 10000 мг/л. Другие источники воды, подлежащей обработке, могут включать воду, не подходящую для применения в сельском хозяйстве по таким причинам, как просачивание и/или токсичность.

Системы и методики согласно изобретению могут при необходимости включать подсистемы предварительной обработки, облегчающие выполнение одного или более основных действий таких систем и методик. В одном или более примерах осуществления изобретения может быть применена одна или более установка для проведения операций предварительной обработки и/или последующей обработки. Например, системы и методики согласно изобретению могут включать подсистему предварительной обработки, включающую один или совокупность фильтров или грохотов, подходящих для отделения или удаления из воды, подлежащей обработке, по меньшей мере части суспендированных твердых веществ. С помощью таких подсистем предварительной обработки обычно удаляют порошкообразный материал, который может повреждать расположенные далее по потоку технологические установки систем согласно изобретению или, например, оросительное оборудование. Другие технологические установки предварительной обработки могут включать, например, микрофильтры и/или осадительные системы, в которых могут быть удалены суспендированные твердые вещества с характеристическими размерами частиц, составляющими, например, один микрон или более или 10 микрон или более.

Для повышения эффективности одного или более этапов обработки согласно изобретению могут быть применены дополнительные операции предварительной обработки. Например, подсистема предварительной обработки может включать охлаждающие устройства или нагреватели, которые, соответственно, охлаждают или нагревают воду, подвергаемую обработке, перед проведением операций разделения. Для облегчения перемещения нежелательных частиц из обрабатываемого потока или для замедления транспортировки подходящих частиц может быть выполнено, например, охлаждение подаваемого сырьевого потока или любого промежуточного технологического потока. Аналогично, для повышения температуры подаваемого сырьевого потока или одного или более промежуточных технологических потоков до требуемых значений, что, например, повышает экономическую или технологическую эффективность работы одного или более устройств для разделения, может быть выполнено нагревание. Неограничивающие примеры устройств для нагревания могут включать нагреватели, печи или теплообменники, которые могут представлять собой технологические этапы способа или системы согласно изобретению или могут быть связаны с ними. Например, нагревание может быть осуществлено с помощью теплообменника электростанции, который не обязательно связан с системами обработки согласно изобретению.

Системы предварительной обработки также могут быть применены или в альтернативном варианте применяются для удаления одного или более видов частиц из обрабатываемой воды или снижения концентрации одного или более видов частиц в обрабатываемой воде с целью повышения эффективности одного или более этапов обработки, снижения вероятности образования отложений или удаления нежелательных частиц, удаление которых может быть затруднительным при проведении одного или более этапов обработки. Например, рН воды, подлежащей обработке, может быть изменен для осаждения одной или более растворенных частиц или для их превращения в другие формы, которые могут быть удалены из воды, подлежащей обработке, например, посредством фильтрования, осаждения или отгонки воздухом. Регуляторы рН, которые могут быть применены, включают, например, соляную кислоту, серную кислоту, гидроксид натрия или любой другой регулятор рН, известный в данной области техники. Частицы, которые могут быть удалены из воды, подлежащей обработке, могут включать, например, элементарные или ионные формы или соединения одного или более из следующих веществ: бикарбоната, железа, марганца, мышьяка, серы, селена (например, двухвалентный селенат или селенит), бора или оксида кремния. В других примерах осуществления система предварительной обработки может включать устройство для умягчения воды, например, ионообменную систему, которая позволяет удалять из воды, подлежащей обработке, компоненты, определяющие жесткость, например, кальций.

В технологических этапах последующей обработки может быть произведена окончательная обработка или удаление или снижение концентрации одного или более видов частиц в обработанной воде. Например, для удаления частиц, которые плохо удаляются электроприводным устройством для разделения и/или устройством для разделения с градиентом давления, может быть применена одна или более ионообменных колонок. Неограничивающие примеры частиц, которые обычно удаляют или по меньшей мере снижают их концентрацию, предпочтительно до нетоксичных и/или приемлемых величин, в операциях последующей обработки, включают частицы, которые могут влиять на слипание почвы, просачивание воды, и/или частицы, которые токсичны для растений, включающие, например, алюминий, мышьяк, бериллий, бор, кадмий, кобальт, хром, медь, железо, фторид, литий, марганец, молибден, никель, свинец, селен, олово, титан, вольфрам, ванадий, бор и цинк. Примером ионообменной смолы, которая может быть применена для удаления таких частиц, как бор, является борселективная ионообменная смола

AMBERLITE™ PWA10, поставляемая Dow Chemical Company. Другие частицы, которые могут быть обработаны в одной или более операциях последующей обработки, включают частицы, которые могут быть токсичными или неприемлемыми в питьевой воде, предназначенной для человека, сельскохозяйственной птицы и/или сельскохозяйственных животных, такие как частицы, включающие, без ограничений, нитраты, нитриты, селен, ванадий и сульфиды. Для по меньшей мере частичной инактивации или снижения концентрации колониеобразующих микроорганизмов, которые могут быть опасными для человека и/или сельскохозяйственных животных или которые образуют биопленки, которые могут засорять оросительные форсунки, также могут быть применены способы дезинфекции.

В альтернативном варианте или в комбинации с одной или более технологическими установками окончательной обработки, системы и методики согласно изобретению могут включать добавление одного или более видов частиц в по меньшей мере часть обработанной воды. Например, для регулирования концентрации одного или более требуемых видов частиц или регулирования характеристики воды может быть добавлен гипс. Другие добавки могут включать удобрения, дезинфицирующие средства или другие питательные вещества, которые способствуют росту сельскохозяйственных культур при их добавлении в воду для орошения.

Для создания движущей силы, вызывающей миграцию одной или более частиц, обычно целевых частиц, которые могут включать требуемые, а также нежелательные частицы, из носителя или текучей среды, в электроприводном устройстве обычно применяют потенциальное поле. В электроприводном устройстве могут быть установлены один или более компонентов, позволяющих аккумулировать целевые частицы во время миграции и/или замедлять их возврат или препятствовать этому процессу. Неограничивающие примеры таких устройств включают устройства для электродиализа (ED, от англ. *electrodialysis device*), включающие устройства для электродиализа с переменной полярности (EDR, от англ. *current reversing electrodialysis device*), а также устройства для электрической деионизации (EDI, от англ. *electrodeionization device*). “Электродиализ” является более широким понятием и включает “электродеионизацию”. Другим видом электроприводного устройства для разделения, которое может быть применено в различных аспектах и примерах осуществления, рассмотренных в настоящей работе, является устройство для емкостной деионизации (CapDI, от англ. *capacitive*

deionization), способное деионизировать воду под действием разности электрических потенциалов, прикладываемой к двум пористым углеродным электродам. Анионы удаляются из воды и хранятся в положительно поляризованном электроде; аналогично, катионы хранятся в катоде, который представляет собой отрицательно поляризованный электрод. Аспекты и примеры осуществления, рассмотренные в настоящей работе, описаны на примере ED устройств; однако следует понимать, что в альтернативных примерах осуществления кроме или вместо ED устройств могут быть применены другие виды электроприводных устройств для разделения. Аспекты и примеры осуществления, рассмотренные в настоящей работе, не ограничены одним или комбинацией конкретных электроприводных устройств для разделения и могут быть осуществлены с помощью других устройств, обеспечивающих наличие движущей силы, которая обеспечивает преимущественную миграцию одной или более целевых частиц по сравнению с другими частицами, находящимися в обрабатываемой текучей среде.

Для осуществления разделения в электроприводном устройстве для разделения согласно изобретению обычно применяют ион-селективные мембраны. В некоторых случаях селективно проницаемая мембрана может преимущественно или селективно пропускать некоторые частицы по сравнению с другими частицами. Например, в некоторых отделениях электроприводного устройства для разделения могут быть применены катион-селективные мембраны. В других примерах осуществления наряду с или вместо катион-селективных мембран в одном или более отделениях могут быть применены анион-селективные мембраны. В других примерах осуществления электроприводное устройство для разделения согласно изобретению может включать одну или более мембран, селективных по отношению к одновалентным ионам, которые селективно пропускают одновалентные катионные или анионные частицы. Так, в некоторых примерах осуществления изобретения устройство для разделения согласно изобретению может включать мембраны, селективные по отношению к одновалентным катионам, и одну или более мембран, селективных по отношению к одновалентным анионам. Неограничивающие примеры коммерчески доступных мембран, селективных по отношению к одновалентным ионам, включают NEOSEPTA®, селективные по отношению к катионам и анионам мембраны, поставляемые ASTOM Corporation, Токио, Япония, или Tokuyama Corporation, Токио, Япония. Мембраны, селективные по отношению к одновалентным анионам или одновалентным катионам, могут быть выбраны таким

образом, чтобы их селективность составляла, например, более приблизительно 2, более приблизительно 5 или более приблизительно 10. В некоторых примерах осуществления мембраны, селективные по отношению к одновалентным катионам, могут иметь коэффициент селективности к натрию по сравнению с кальцием, составляющий по меньшей мере приблизительно 2, по меньшей мере приблизительно 5 или по меньшей мере приблизительно 10. В некоторых примерах осуществления мембраны, селективные по отношению к одновалентным анионам, могут иметь коэффициент селективности к хлориду по сравнению с сульфатом, составляющий по меньшей мере приблизительно 2, по меньшей мере приблизительно 5 или по меньшей мере приблизительно 10. Употребляемый в настоящем описании термин “селективность” может быть вычислен по приведенной ниже формуле, в которой представлено вычисление селективности к натрию (Na) по сравнению с магнием (Mg) и кальцием (Ca), и аналогично может быть вычислена селективность устройства для разделения в отношении других элементов или соединений:

$$\text{Селективность} = \frac{\frac{\Delta v_{Na}}{v_{Na}}}{2 \left[\frac{\Delta v_{Ca} + \Delta v_{Mg}}{v_{Ca} + v_{Mg}} \right]}$$

где v представляет собой молярность ионной частицы i , и Δv – изменение молярности ионной частицы i .

Применение мембран, селективных по отношению к одновалентным катионам и/или анионам, в примерах осуществления электроприводного устройства для разделения может приводить к получению обработанной воды (разбавленного раствора), в которой относительный показатель адсорбции натрия (SAR) составляет менее приблизительно 20, менее приблизительно 9 или менее приблизительно 3, из солоноватой воды, в которой TDS составляет от приблизительно 1500 мг/л (1500 частей на миллион) до приблизительно 5000 мг/л (5000 частей на миллион), и/или из соленой воды, имеющей высокие концентрации растворенных твердых веществ или солей, например, концентрации растворенных солей, составляющие от приблизительно 500 мг/л до приблизительно 10000 мг/л. Такие величины SAR могут быть достигнуты благодаря преимущественному переносу одновалентных катионов по сравнению с двухвалентными или многовалентными катионами в отделения для концентрирования электроприводного устройства для разделения, что приводит к

повышению отношения концентрации двухвалентных или многовалентных катионов к концентрации одновалентных катионов в отделениях для обессоливания (отделениях для разбавления) электроприводного устройства для разделения.

В устройствах для разделения с градиентом давления обычно применяют
5 один или более барьеров, замедляющих миграцию одного вида частиц через барьер, который пропускает другой вид частиц. Движущая сила, обеспечивающая разделение, обычно включает нагнетание давления обрабатываемой текучей среды. Неограничивающие примеры устройств для разделения с градиентом давления включают устройства для микрофльтрации и нанофльтрации (NF, от
10 англ. nanofiltration), а также системы обратного осмоса (RO, от англ. reverse osmosis). Устройство NF обычно селективно пропускает одновалентные ионы по сравнению с двухвалентными или многовалентными ионами. Соответственно, пермеат, получаемый в устройстве NF, может иметь более высокое отношение концентрации одновалентных ионов к концентрации двухвалентных или
15 многовалентных ионов по сравнению с ретентатом, получаемым в устройстве NF. Таким образом, ретентат, получаемый в устройстве NF, может иметь более низкую величину SAR, чем пермеат или подаваемая вода, подлежащая обработке в устройстве NF. Примеры нанофильтров, которые имеют высокую селективность пропускания одновалентных ионов по сравнению с двухвалентными ионами и могут
20 быть применены в различных примерах осуществления, рассмотренных в настоящей работе, могут включать нанофильтрационные мембраны SWSR, поставляемые General Electric Company, нанофильтрационные мембраны NF245, нанофильтрационные мембраны NF 270 или нанофильтрационные мембраны NF345, поставляемые Dow Chemical Company, или нанофильтрационные мембраны
25 ESNA1-LF-LD или нанофильтрационные мембраны HYDRACoRe10, поставляемые Hydranautics.

Один или более примеров осуществления изобретения могут относиться к системе 100 обработки воды, пример которой показан на Фиг. 1. Система 100 может представлять собой систему, поставляющую хозяйственную воду, воду для
30 орошения или воду обоих этих видов, например, в участок 114 использования. Система 100 обработки может включать по меньшей мере один этап разделения или устройство 110 для разделения, которое в некоторых случаях селективно удаляет одну или более частиц или один или более типов частиц из воды, подлежащей обработке, направляемой из источника 102 воды. Система
35 необязательно может включать одну или более подсистем мониторинга, которые

предоставляют показания одной или более рабочих характеристик системы обработки. Как показано, система 100 может включать один или более датчиков 108 отслеживания, которые обычно предоставляют показания качества получаемой или иным образом обработанной воды, извлекаемой из устройства 110 для разделения.

5 В некоторых аспектах настоящего изобретения система 100 может включать систему управления или контроллер, конфигурация или конструкция, а также размещение которого позволяют регулировать один или более параметров одного или более этапов систем согласно изобретению. Как показано на Фиг. 1, система 100 может, таким образом, включать один или более контроллеров 106, которые

10 приводят по меньшей мере один рабочий параметр устройства 110 для разделения обычно к по меньшей мере одному требуемому состоянию. Один или более датчиков 108 отслеживания могут сообщаться с одним или более контроллерами 106 через коммуникационную сеть, включающую, например, сигнальную линию 122, или дополнительно или в альтернативном варианте через беспроводной тракт.

15 Один или более контроллеров 106 могут сообщаться с по меньшей мере одним этапом разделения или устройством 110 для разделения через коммуникационную сеть, включающую, например, сигнальную линию 124, или дополнительно или в альтернативном варианте через беспроводной тракт. Для регулирования по меньшей мере одного рабочего параметра любого этапа системы 100 с целью

20 получения обработанной воды, имеющей одну или более целевых характеристик, может быть применена любая подходящая методика регулирования. Например, в некоторых примерах осуществления для подачи измеренных значений одного или более параметров воды, подлежащей обработке, в контроллер 106, который регулирует удаление загрязняющих веществ или извлечение воды из

25 обрабатывающей установки 110, может быть применен датчик/передающее устройство (не показано), располагаемый между источником 102 воды, подлежащей обработке, и этапом разделения или устройством 110 для разделения.

Системы и методики согласно изобретению могут включать одну или более систем распределения воды, которые обеспечивают подачу обработанной воды в

30 один или более участков применения. Например, система распределения может включать распределительную систему орошения, которая направляет воду для орошения в различные участки применения, имеющиеся в сельскохозяйственном предприятии. Для обеспечения подачи обработанной воды система распределения может включать одну или более систем хранения, таких как резервуары, цистерны,

35 колодцы или другие емкости и контейнеры. Для подвода воды к требуемой площади

с помощью оросительных систем согласно изобретению может быть осуществлено орошение дождеванием и/или поверхностное или субповерхностное орошение. Таким образом, компоненты оросительной системы могут включать как неподвижные, так и движущиеся устройства.

5 Одна или более систем хранения может рассматриваться как часть системы распределения или быть вспомогательной подсистемой системы обработки. Одна или более систем хранения может дополнительно обеспечивать предоставление обработанной воды, имеющей требуемые характеристики. Перед дополнительной обработкой или переработкой, например, смешиванием с другим источником или
10 потоком обработанной или необработанной воды, обработанная вода, имеющая первое состояние или характеристику, может храниться в одной или более системах хранения.

 На Фиг. 2 представлена схема, на которой показаны примеры некоторых признаков изобретения, относящихся к оросительной системе 200. Оросительная
15 система 200 может включать устройство 220 для разделения, соединенное гидравлическим соединением и, как показано, установленное для получения воды, подлежащей обработке, из источника 202, например, через трубопровод 222. В устройстве 220 для разделения может быть обработана вода из источника 202, после чего обработанная вода может быть направлена через систему 224
20 распределения воды для орошения в первый участок 228 использования, показанный на изображении в виде первого типа сельскохозяйственной культуры. Участок 228 использования может представлять собой часть сельскохозяйственной культуры, которая, например, находится в стадии роста, отличной от стадии роста по меньшей мере одной части всей сельскохозяйственной культуры. Система 200
25 может дополнительно включать одно или более вторых устройств 230 для разделения. В устройстве 230 для разделения также может быть обработана вода из источника 202, и обработанная вода может быть направлена через вторую распределительную систему 234 орошения во второй участок 238 использования, показанный как второй тип сельскохозяйственной культуры. Второй участок 238
30 использования может быть частью той же орошаемой сельскохозяйственной культуры, что и, например, первый участок 228 использования, или частью второй сельскохозяйственной культуры, находящейся на другой стадии роста. Согласно некоторым примерам осуществления изобретения, устройство 230 для разделения необязательно может направлять обработанную воду через трубопровод или
35 соединение 244 в первый участок 228 использования вместо и/или наряду с

обработанной водой, извлекаемой из устройства 220 для разделения. Некоторые примеры осуществления изобретения включают, по меньшей мере частично, многоступенчатую схему обработки. Например, первое устройство 220 для разделения может выпускать обработанную воду, имеющую первое качество или характеристику воды, которая может быть дополнительно обработана во втором устройстве 230 для разделения, питаемом через трубопровод или систему 242 распределения. Для подачи обработанной воды в один или более участков применения может быть применена комбинация второго устройства 230 для разделения и одного или более первых устройств 220 для разделения. Некоторые примеры осуществления изобретения могут включать последовательное расположение устройств для разделения, и в других примерах осуществления для подачи обработанной воды в соответствии с требованиями по объемному расходу на одном или более участках применения могут быть применены устройства для разделения, расположенные параллельно. Например, поступающая из источника 202 вода, подлежащая обработке, может быть направлена параллельно и в первое устройство 220 для разделения, и во второе устройство 230 для разделения через трубопроводы или системы 222 и 232 распределения, соответственно. Тем не менее, в некоторых случаях может быть применена обработка комбинации последовательных и параллельных потоков для получения обработанной воды с определенным расходом или совокупностью расходов, где каждый из одного или более потоков обработанной воды имеет одну или более требуемых характеристик.

Система 200 может включать один или более контроллеров (не показаны), которые регулируют один или более рабочих параметров любого компонента или подсистемы системы 200. Как и пример системы, представленный на Фиг. 1, система 200 может включать один или более контроллеров, которые могут регулировать один или более рабочих параметров. Например, один или более контроллеров системы 200 могут регулировать электрический ток, потенциал или оба этих параметра прикладываемого электрического поля в любом из устройств для разделения. Другие параметры, которые могут быть подвергаться регулированию, включают, например, содержание TDS, давление, температуру, pH, отношение потоков или любую комбинацию перечисленных параметров любого потока, имеющегося в системе.

Согласно некоторым аспектам изобретения, одна или более характеристик потока обработанной воды могут представлять собой любое измеренное или косвенно полученное качественное свойство потока продукта, которое делает его

подходящим для его предполагаемого использования в точке 114. Однако изобретение не ограничено указанным признаком; например, характеристикой воды может быть качественное свойство потока обработанной воды или выпускаемой воды по сравнению с потоком воды, подлежащей обработке. Качественное свойство или параметр может быть единичной или составной или совокупной характеристикой воды. Конкретные неограничивающие примеры качественных свойств могут включать проводимость или сопротивление воды, присутствие, отсутствие или концентрацию одной или более определенных частиц или типов частиц в воде, а также комбинации указанных свойств.

10 Согласно одному или более примерам осуществления изобретения, системы и методики согласно изобретению обеспечивают водой, имеющей требуемое качественное свойство воды, которое может быть представлено или количественно
15 выражено в виде составного показателя. Составной показатель может быть индикатором пригодности обработанной воды для определенной цели. Таким образом, системы и методики согласно изобретению могут включать операции, нацеленные на получение или по меньшей мере позволяющие получать воду, имеющую одну или более требуемых составных характеристик. Если обработанную воду используют для орошения, то качественное свойство может быть связано с ее пригодностью в качестве воды для орошения. Таким образом, некоторые аспекты
20 изобретения могут относиться к обработке воды, не являющейся хозяйственной водой, которую превращают в обработанную воду, подходящую для орошения на одном или более сельскохозяйственных предприятиях, посредством регулирования одной или более характеристик такой воды. Некоторые аспекты изобретения позволяют предоставлять воду для орошения, свойства которой отрегулированы
25 для соответствия нуждам одной или более сельскохозяйственных культур, выращиваемых или культивируемых на одном или более сельскохозяйственных предприятиях. Например, как показано на Фиг. 2, системы и методики согласно изобретению позволяют подавать первую обработанную воду, имеющую первую составную характеристику, к сельскохозяйственной культуре 228 первого типа и
30 вторую обработанную воду, имеющую вторую составную характеристику, к сельскохозяйственной культуре 238 второго типа. Вторая обработанная вода может быть применена для придания определенной характеристики и/или регулирования определенной характеристики первой обработанной воды, и, аналогично, первая обработанная вода может быть применена для регулирования одной или более
35 характеристик второй обработанной воды. Одна или более характеристик могут

быть отрегулированы для соответствия конкретному требованию, например, посредством комбинирования или смешивания одного или более потоков обработанной воды или их частей. Конкретная целевая характеристика может быть получена посредством регулирования отношений или относительных количеств или расходов смешиваемых потоков обработанной воды. Потоки обработанной воды могут быть смешаны в любом требуемом отношении, например, смешиванием от 0% (без смешивания) до 100%, от приблизительно 10% до приблизительно 90%, от приблизительно 25% до приблизительно 75% или от приблизительно 40% до приблизительно 60% первой обработанной воды со второй обработанной водой или смешиванием от 0% (без смешивания) до 100%, от приблизительно 10% до приблизительно 90%, от приблизительно 25% до приблизительно 75% или от приблизительно 40% до приблизительно 60% второй обработанной воды с первой обработанной водой.

В характерном режиме функционирования каждое из одного или более устройств 220 и 230 для разделения обычно выпускает один или более вторичных потоков. Обычно один или более вторичных потоков имеют неприемлемое содержание одной или более нежелательных частиц. Любые из одного или более вторичных потоков могут быть отведены в виде сточных потоков. Например, сточный поток, обычно содержащий одну или более частиц, извлеченных из потока, обработанного в устройстве 230 для разделения, может быть отброшен или подан в источник воды 202, подлежащей обработке, через трубопровод или систему 236 распределения. Сточный поток, обычно содержащий одну или более частиц, извлеченных из потока, обработанного в устройстве 220 для разделения, может быть отброшен или подан в источник воды 202, подлежащей обработке, через трубопровод или систему 226 распределения. Аналогично, другие примеры осуществления изобретения включают объединение одного или более вторичных потоков, обычно извлекаемых из одного или более находящихся ниже по потоку устройств для разделения, с потоком воды, направляемым на обработку в одно или более из находящихся выше по потоку устройств для разделения. Например, один или более отходящих потоков, извлекаемых из расположенного ниже по потоку электроприводного устройства для разделения или устройства для разделения с градиентом давления, могут быть возвращены в расположенное выше по потоку электроприводное устройство для разделения в качестве компенсации расхода концентрата или компенсации расхода разбавленного раствора. Сточный поток также может быть выпущен вместе с другими потоками, которые могут быть

непосредственно связаны с системой обработки или не связаны с системой обработки. Например, выпускаемый поток может быть возвращен в источник воды, подлежащей обработке, после смешивания с одним или более сбрасываемых потоков, извлекаемых, например, из градирни, которая может не представлять собой этап системы обработки. Однако в других случаях один или более сточных потоков могут храниться и могут быть соединены с водой, имеющей очень низкую соленость, с целью устранения проблем, связанных с инфильтрацией воды, которые могут приводить к выщелачиванию растворимых минералов и солей, таких как соли кальция, из поверхностных почв.

10 В некоторых примерах осуществления изобретения вторичный поток, извлекаемый из второго устройства 230 для разделения и направляемый в трубопровод 236, может быть введен в первое устройство 220 для разделения, сам по себе или в комбинации, как показано на Фиг. 2, вместе с водой, подлежащей обработке, направляемой из источника 202 через трубопровод 222.

15 Системы, схематично представленные на Фиг. 1 и Фиг. 2, могут дополнительно включать этапы, облегчающие обработку воды. Например, для фильтрации или удаления другим способом по меньшей мере части суспендированных твердых веществ из воды, подаваемой из источника 202, выше по потоку относительно устройств 220 и 230 для разделения может быть
20 установлена необязательная система. Неограничивающие примеры этапов предварительной обработки, которые могут быть применены для снижения концентрации по меньшей мере одного суспендированного твердого вещества, захваченного обрабатываемой водой, включают микрофильтры, осадители, сетчатые фильтры и фильтры для крупнодисперсных частиц.

25 Кроме того, для дополнительной обработки одного или более потоков обработанной воды могут быть выполнены один или более этапов. Например, один или более видов частиц может быть дополнительно удален из одного или более обработанных потоков, имеющих в системах 224 и 234 распределения, с помощью слоя для доочистки. Неограничивающие примеры этапов, которые могут
30 быть применены для удаления по меньшей мере части слабоионизованных или слабоионизируемых частиц, таких как, без ограничений, частицы, содержащие бор, селен и мышьяк, включают применение ионообменных колонок.

Дополнительные этапы, которые обеспечивают последующую обработку одного или более потоков обработанной воды согласно изобретению, включают

этапы, которые позволяют повышать или иным образом изменять концентрацию одной или более целевых частиц или характеристик потока воды. Операции последующей обработки могут быть применены для приведения одного или более сточных потоков к состоянию, подходящему для сброса в окружающую среду.

5 Соответственно, ниже по потоку относительно одного или более устройств для разделения согласно изобретению может быть установлен смеситель, который обеспечивает включение другого потока обработанной или необработанной воды, дезинфицирующих средств, питательных веществ и/или требуемых солей, подаваемых из одного или более источников указанных ингредиентов. В некоторых

10 примерах осуществления изобретения может быть применен один или более источников соли, которую вводят в поток обработанной воды. Например, в состав системы обработки или оросительной системы согласно изобретению может быть включено устройство для разделения, в котором производят селективное удаление или снижение концентрации двухвалентных или других неоновалентных частиц в

15 потоке воды, подлежащей обработке. Необязательное устройство обычно выпускает по меньшей мере один поток продукта, имеющего относительно высокую концентрацию неоновалентных частиц, которые могут быть введены в обработанный поток для регулирования по меньшей мере одной его характеристики, в результате чего получают поток или объем воды в целевом или

20 требуемом состоянии. Примеры систем и методик, с помощью которых потоки могут быть обогащены полезными частицами, включают системы и методики, раскрытые в принадлежащем заявителю настоящего изобретения патенте US 7820024, озаглавленном “Electrically-Driven Separation Apparatus (Электроприводное устройство для разделения)”, содержание которого включено в настоящее описание

25 посредством ссылки. Однако в некоторых случаях для регулирования одной или более характеристик потока обработанной воды перед его использованием могут быть применены один или более иным образом несвязанных или отдельных источников, например, солей кальция и/или магния. Кроме того, дополнительно могут быть отрегулированы одно или более существенных и/или несущественных

30 свойств потока воды. Например, для изменения температуры потока воды, поток может быть охлажден или нагрет. Также для достижения требуемой величины pH может быть изменен pH потока воды или водного объекта, например, добавлением одной или более кислот или одного или более оснований. Требуемое свойство или характеристика могут зависеть от совокупности факторов, которые включают,

35 например, pH орошаемой почвы, переносимость орошаемыми

сельскохозяйственными культурами солей и в некоторых случаях содержание в почве влаги. Таким образом, некоторые аспекты изобретения относятся к дополнительным возможностям, нацеленным на создание одной или более требуемых составных характеристик.

- 5 Кроме того, изменение одного или более свойств или характеристик может быть произведено после обработки в устройстве для разделения, до применения или подвода к участку использования или во время хранения обработанной воды в одном или более резервуарах.

- 10 Однако некоторые аспекты изобретения учитывают благоприятные или экономически привлекательные свойства вторичных потоков, имеющих высокие концентрации одной или более растворенных частиц по сравнению с первым или обработанным потоком продукта и/или потоком, подаваемым в устройство для разделения. Например, вторичный поток продукта может иметь высокое содержание растворенных твердых веществ и может служить исходным потоком, 15 который может быть дополнительно обработан для получения дополнительных продуктов, или по меньшей мере может служить потоком продукта, имеющего высокую концентрацию желательных частиц.

- 20 Одна или более характеристик воды, обрабатываемой в системах и методиках согласно изобретению, может быть индикатором пригодности воды для использования в сельском хозяйстве. Например, одна или более характеристик воды может быть выражена в виде солености, выражаемой в виде общего количества растворенных солей или содержания твердых веществ и/или электрической проводимости, наряду или в комбинации с любым из следующих показателей: щелочности, содержания железа и pH воды. В некоторых случаях 25 уровень солености воды может становиться параметром выбора при рассмотрении применимости по меньшей мере частично обработанной воды для орошения определенных типов сельскохозяйственных культур. Таким образом, согласно некоторым аспектам изобретения, соленость воды может рассматриваться как фактор, который следует учитывать при принятии решения о том, следует ли 30 регулировать по меньшей мере один рабочий параметр системы согласно изобретению. В других примерах осуществления систем и методик согласно изобретению числовая характеристика может быть представлена как отношение концентрации частиц, которые делают почву водонепроницаемой, к концентрации частиц, которые делают почву структурированной или водопоглощающей.

Согласно некоторым аспектам изобретения, числовая характеристика может быть индикатором пригодности воды для орошения, для потребления человеком и/или сельскохозяйственными животными или птицей. В некоторых примерах осуществления числовая характеристика потока или объема воды может быть
5 представлена как отношение концентрации одновалентных частиц к концентрации двухвалентных частиц в воде. Например, числовая характеристика может быть по меньшей мере частично выражена как относительный показатель адсорбции натрия (SAR) или процентное содержание обменного натрия. Предпочтительно величина SAR потока или объема воды может служить индикатором того, является ли вода
10 подходящей для орошения определенного типа или вида сельскохозяйственной культуры. Таким образом, согласно некоторым аспектам изобретения, некоторые примеры осуществления изобретения относятся к системам и методикам, которые могут включать регулирование одного или более рабочих параметров по меньшей мере частично в соответствии с требуемой числовой характеристикой, которая по
15 меньшей мере частично оценена на основании по меньшей мере одного требования, предъявляемого в участке использования. Если участок использования представляет собой, например, орошаемую сельскохозяйственную культуру, то требуемая числовая характеристика может быть выведена на основании переносимости солей сельскохозяйственной культурой и/или на основании одного
20 или более качественных свойств или характеристик почвы.

Величину относительного показателя адсорбции натрия обычно определяют в соответствии со следующей формулой:

$$SAR = \frac{[Na]}{\sqrt{\frac{1}{2}([Ca] + [Mg])}}$$

где SAR представляет собой относительный показатель адсорбции натрия
25 (от англ. "sodium adsorption ratio"), [Na] – концентрация частиц, содержащих натрий, выраженная в миллиэквивалентах на литр воды, [Ca] – концентрация частиц, содержащих кальций, выраженная в миллиэквивалентах на литр воды, и [Mg] – концентрация частиц, содержащих магний, выраженная в миллиэквивалентах на литр воды. Могут быть применены другие числовые характеристики воды, как
30 таковые или в комбинации с величиной SAR. Таким образом, в некоторых случаях числовая характеристика воды, которая может служить индикатором качества воды или пригодности воды для предполагаемого применения, включает общую

концентрацию растворенных в воде твердых веществ, pH и/или концентрацию одной или более токсичных или опасных частиц.

5 Регулирование величины SAR, например, воды для орошения может быть выполнено посредством регулирования одного или более рабочих параметров водной системы. Например, для получения составной или комбинированной смеси воды-продукта, имеющей требуемую величину SAR, может быть отрегулировано относительное отношение потоков обработанной воды, получаемых в различных устройствах обработки и имеющих, таким образом, различные величины SAR. Другие методики, включающие снижение расхода потока воды через одно или 10 более устройств для разделения или увеличение времени пребывания или периода обработки позволяют достичь требуемой величины SAR. Кроме того или наряду с такими методиками, регулирование прикладываемого потенциала или величины давления, например, в электроприводном устройстве для разделения или устройстве для разделения с градиентом давления также может позволить 15 выпускать обработанную воду, имеющую одну или более требуемых характеристик.

Примеры осуществления систем согласно изобретению могут обеспечить опреснение солоноватой воды до воды, пригодной для орошения, с помощью которой можно избежать или снизить сложности, связанные с проницаемостью и/или инфильтрацией почвы.

20 Одна или более числовых характеристик обработанной воды могут быть связаны с частицами, содержащимися в воде. Например, числовая характеристика может представлять собой отношение концентрации растворенных частиц, содержащих натрий, к концентрации растворенных частиц, содержащих кальций. Предпочтительное подходящее отношение натрия/кальций, составляющее не более 25 приблизительно 3:1, может способствовать устранению или снижению вероятности возникновения проблем с инфильтрацией воды в результате дисперсии и уплотнения почвы и закупоривания поверхностных пор почвы. Кроме того, применение некоторых примеров осуществления изобретения позволяет селективно снизить концентрацию одновалентного натрия в воде для орошения, и 30 для уравнивания явлений, связанных с рассеиванием натрия при орошении, может быть применен источник воды, относительно богатой кальцием.

Величина SAR воды-продукта может составлять от приблизительно 1 до приблизительно 8. Однако требуемая или желательная величина SAR может зависеть от одного или более факторов функционирования сельскохозяйственного

предприятия. Например, требуемая величина SAR зависит от типа сельскохозяйственных культур, выращиваемых предприятием, стадии роста одной или более сельскохозяйственных культур на предприятии и состояния почвы, которое включает скорость инфильтрации воды, накопления обменного натрия и/или щелочности почвы. Конкретное руководство, в котором можно найти сведения по созданию одной или более целевых характеристик воды для орошения, включают руководства, предлагаемые Организацией ООН по продовольствию и сельскому хозяйству (The Food and Agriculture Organization of the United Nations, сокращенно FAO) в публикации Ayers, R.S., Westcot, D.W., озаглавленной "Water Quality for Agriculture (Качество воды в сельском хозяйстве)", FAO Irrigation and Drainage Paper 29 rev. 1, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1989, 1994. Например, процентное содержание обменного натрия (англ. exchangeable sodium percentage, сокращенно ESP = $\{(Na)/(Ca + Mg + K + Na)\} \times 100$), которое может коррелировать с величиной SAR, может служить подходящей числовой характеристикой воды, применяемой для орошения, и оценкой вероятности того, что в почве, в особенности имеющей величины ESP, превышающие 15, может повыситься содержание натрия; при этом такая вероятность повышается с повышением ESP. В частности, для чувствительных сельскохозяйственных культур, таких как, без ограничений, фрукты, орехи и цитрусовые, обычно требуется вода для орошения с величиной SAR, составляющей до приблизительно 8; другие чувствительные сельскохозяйственные культуры, такие как бобы, могут выдерживать орошение водой, имеющей величину SAR, составляющую до приблизительно 18; умеренно стойкие сельскохозяйственные культуры, такие как клевер, овес и рис, могут выдерживать орошение водой, имеющей величину SAR, составляющую приблизительно от 18 до 46; и стойкие сельскохозяйственные культуры, такие как, без ограничений, пшеница, ячмень, томаты, свекла и пырей удлиненный, могут выдерживать орошение водой, имеющей величину SAR, составляющую приблизительно от 46 до 102. Примеры осуществления систем, рассмотренных в настоящей работе, могут включать обрабатывающие установки или их комбинации, сконструированные с возможностью получения воды для орошения, величина SAR которой находится в любых из указанных выше диапазонов, в соответствии с тем, какая вода требуется для конкретного использования. Также подходящими могут быть еще более низкие, чем указанные выше, величины SAR и ESP, поскольку даже если определенная культура может выдерживать полив водой с величинами SAR, приведенными выше, урожай этой культуры все же может снижаться. Кроме того, повышенные величины SAR могут

влиять на уплотнение почвы, что приводит к стеканию воды для орошения с поверхности почвы, в результате чего она не достигает корневой системы сельскохозяйственных культур, или вода может слишком быстро проходить через слои почвы, в результате чего вода для орошения стекает на уровень, находящийся
5 ниже корневой системы растений еще до того, как корни сельскохозяйственные культуры успевают поглотить эту воду.

Проблемы с инфильтрацией (просачиванием) обычно возникают, если вода для орошения не проникает в почву и становится недоступной для сельскохозяйственных культур. В отличие от проблем, вызываемых соленостью,
10 которая снижает доступность воды, проблемы с инфильтрацией могут эффективно снижать количество воды, доступной для сельскохозяйственных культур. Инфильтрация воды может повышаться с повышением солености и может понижаться с понижением солености или с повышением содержания натрия по сравнению с содержанием кальция и магния. Кроме того, вода с низкой соленостью,
15 имеющая, например, проводимость (которая может быть измерена либо в воде, либо в экстракте из порошкообразной почвы) менее приблизительно 0,5 дСм/м ("ЕС"), обычно обладает коррозионными свойствами и может выщелачивать из поверхностного слоя почвы растворимые минералы и соли, такие как кальций, который, в свою очередь, может снижать уплотнение и структурирование почвы.
20 Почва, не содержащая солей или имеющая низкое содержание солей, имеет склонность к диспергированию в виде мелких частиц почвы, которые заполняют пространство пор, эффективно герметизируя поверхность почвы и снижая скорость просачивания воды. На почве, как правило, образуется корка, которая снижает количество воды, просачивающейся под поверхность, а также эта корка может
25 предотвращать прорастание сельскохозяйственных культур. Таким образом, в некоторых примерах осуществления изобретения требуемое качество воды может дополнительно основываться на величине солености воды для орошения. Например, на Фиг. 6, на котором представлен график, построенный на основании данных публикации Ayers, R.S., Westcot, D.W., озаглавленной "Water Quality for
30 Agriculture (Качество воды для сельского хозяйства)", FAO Irrigation and Drainage Paper 29 rev. 1, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1989, 1994, показано влияние солености, выраженной в виде концентрации TDS и SAR, на инфильтрацию, и из показанной диаграммы можно вывести комбинированную величину подходящей солености и SAR воды для орошения, которая позволяет
35 снизить или устранить проблемы, связанные с инфильтрацией. При построении

графика, представленного на Фиг. 6, для получения величин концентрации TDS из величин электрической проводимости, приведенных в цитируемой выше публикации, использовали свойства морской воды. В частности, на основании опубликованных физических свойств была определена взаимосвязь между плотностью и соленостью и между соленостью и электрической проводимостью морской воды при 20°C. Полученная корреляция затем была применена для перевода величин электрической проводимости морской воды, приведенных в цитируемой выше публикации, в соответствующие концентрации TDS, которые затем были построены в виде функции от соответствующих величин SAR для определения общих норм инфильтрации, показанных на Фиг. 6.

Другие примеры осуществления изобретения также позволяют предоставлять воду, подходящую для орошения, которая имеет соответствующую составную числовую характеристику, такую как величина SAR, составляющая менее приблизительно 15, и величина TDS, составляющая приблизительно 1500 частей на миллион или более.

Некоторые примеры осуществления изобретения могут относиться к системам и методикам опреснения, обеспечивающим селективное удаление нежелательных частиц, которые отличаются от неселективных методик опреснения, таких как методики, основанные на способах термической обработки и обработки с градиентом давления. Кроме того, с помощью некоторых систем и методик согласно изобретению может быть получен поток воды-продукта, в который не требуется дополнительно добавлять предпочтительные вещества. Например, примеры осуществления изобретения могут обеспечивать получение воды для орошения, которая не нуждается в дополнительном регулировании числовых характеристик посредством добавления дополнительных веществ.

Дополнительные признаки и аспекты изобретения представлены на Фиг. 3. Представленный неограничивающий пример системы 300 обработки может включать первое устройство 304 для разделения и второе устройство 306 для разделения. В устройствах 304 и 306 для разделения обычно производят обработку текучей среды, подаваемой из одного или более источников 302. Направляемая из источника 302 вода, подлежащая обработке, обычно содержит высокую или неприемлемую концентрацию растворенных веществ. Таким образом, одно или более устройств для разделения могут быть применены для по меньшей мере частичного удаления из воды или снижения концентрации в воде одного или более

нежелательных веществ. Направляемая из источника 302 вода, подлежащая обработке, может быть направлена параллельно в оба устройства, т.е. в первое устройство 304 для разделения и во второе устройство 306 для разделения, например, через распределительную систему или трубопровод 320. Как показано на представленном примере, обработанная вода, извлекаемая из устройства 304 для разделения, может быть объединена с обработанной водой, извлекаемой из устройства 306 для разделения, подаваемой, например, через распределительную систему или трубопровод 318, с помощью одного или более устройств смешивания или смесителей 308, что приводит к получению потока обработанной воды, имеющего требуемые свойства и/или характеристики, который направляют в участок 314 использования. Согласно некоторым примерам осуществления изобретения, обработка воды может сделать ее подходящей для применения в одном или более участках 314 применения в качестве хозяйственной воды и/или воды для мытья.

Первое устройство 304 для разделения может представлять собой электроприводное устройство для разделения или устройство для разделения с градиентом давления. Аналогично, второе устройство 306 для разделения может представлять собой устройство для разделения с градиентом давления. Согласно некоторым аспектам изобретения, устройство 304 для разделения удаляет по меньшей мере часть из совокупности нежелательных частиц из обрабатываемой воды, поступающей из источника 302.

Второе устройство для разделения может удалять один или более нежелательных видов частиц из потока воды, подлежащей обработке. В некоторых случаях устройство для разделения селективно удаляет по меньшей мере часть одной или более нежелательных частиц из воды, что приводит к получению потока воды-продукта. Если поток воды-продукта, извлекаемый из второго устройства для разделения, не соответствует требованиям к качеству хозяйственной воды или превосходит эти требования, то часть обработанной воды, извлекаемой из первого устройства для разделения, которая превосходит требования к качеству хозяйственной воды, может быть введена в этот поток или смешана с ним. Например, если из первого устройства для разделения получают воду-продукт, величина TDS которой составляет приблизительно 250 мг/л, и из второго устройства для разделения получают воду-продукт, величина TDS которой составляет приблизительно 1000 мг/л, то потоки воды-продукта могут быть скомбинированы в объемном отношении приблизительно 2:1 с образованием смешанного продукта,

величина TDS которого составляет приблизительно 500 мг/л. Целевой величиной может быть концентрация, которая соответствует или превосходит один или более показателей, предложенных Всемирной Организацией Здравоохранения для хозяйственной воды, например, обозначенных в Руководстве ВОЗ (англ. WHO Guidelines) для воды питьевого качества, четвертое издание, World Health Organization 2011. Для получения питьевой воды и/или воды для мытья, которая соответствует показателям или требованиям, обычно предъявляемым правительственными регулирующим органами, или превосходит такие показатели или требования, с одним или более потоками продуктов, получаемых в устройстве для разделения согласно изобретению, также могут быть смешаны другие потоки воды.

Один или более отводимых потоков (англ. reject stream), извлекаемых из первого устройства для разделения, обычно содержащих относительно высокие концентрации частиц, извлеченных из первого потока обработанного продукта, могут быть слиты в водоотводную систему, направлены в один или более вспомогательных участков 301 применения или возвращены в источник 302. Дополнительные примеры осуществления изобретения включают объединение отводимого потока воды с водой из источника 302 и его подачу через трубопровод 322 в виде воды, подлежащей обработке, во второе устройство для разделения. Вторичный поток или поток воды, отводимый из второго устройства для разделения, также может быть слит в водоотводную систему, направлен в один или более вспомогательных участков 301 и/или 312 применения, возвращен в источник 302, как показано, через трубопровод 316.

В другом примере осуществления, обозначенном общим обозначением 400 на Фиг. 4, система обработки может включать источник воды 402, подлежащей обработке, который может включать, например, солоноватую воду, находящуюся в гидравлическом соединении через распределительную систему или трубопровод 420 с необязательной системой 404 предварительного фильтрования. Вода, подлежащая обработке, может представлять собой солоноватую воду, TDS которой составляет от приблизительно 1500 мг/л (1500 частей на миллион) до приблизительно 10000 мг/л (10000 частей на миллион), и/или соленую воду, содержащую высокие концентрации растворенных твердых веществ или солей, например, концентрации растворенных солей, составляющие от приблизительно 500 мг/л до приблизительно 5000 или приблизительно 10000 мг/л, и одно или более других загрязняющих веществ, например, приблизительно 40 частей на миллион

нитрата, и нежелательные концентрации одного или более следующих веществ: бора, оксида кремния, бикарбоната или двухвалентного селената или селенита. Система 404 предварительного фильтрования может находиться в гидравлическом соединении через распределительную систему или трубопровод 422 с первым устройством 406 для разделения. Неограничивающие примеры предварительных этапов обработки, которые могут быть применены в системе 404 предварительного фильтрования, позволяющие снизить концентрацию по меньшей мере одного вида суспендированного твердого вещества, захваченного обрабатываемой водой, включают применение систем умягчения, микрофильтров, осадителей, сетчатых фильтров, микропесчаных фильтров и фильтров для крупнодисперсных частиц. В некоторых примерах осуществления подсистема предварительной обработки может включать самоочищающуюся фильтрующую систему VACLEEN® из нержавеющей стали, поставляемую Компанией Evoqua Water Technologies LLC или ее партнерами. В других примерах осуществления в альтернативном варианте или дополнительно подсистема предварительной обработки может включать систему Vortisand® проточной субмикронной фильтрации микропеска, поставляемую Компанией Evoqua Water Technologies LLC или ее партнерами.

Первое устройство 406 для разделения может представлять собой электроприводное устройство для разделения, например, устройство для электродиализа. Распределительная система или трубопровод 422 могут быть разделены на потоки для подачи воды, подлежащей обработке, в отделения 406А для обессоливания и отделения 406В для концентрирования первого устройства 406 для разделения. Первое устройство 406 для разделения может включать одну или более мембран, селективных по отношению к одновалентным ионам, которые селективно пропускают одну или более одновалентных катионных и/или анионных частиц. В некоторых примерах осуществления первое устройство 406 для разделения может включать одну или более мембран, селективных по отношению к одновалентным катионам, и одну или более мембран, селективных по отношению к одновалентным анионам.

Поскольку при электродиализе затраты на электроэнергию обратно пропорциональны величине солености обрабатываемой воды, высокие концентрации ионных примесей в обрабатываемой воде способствуют снижению потерь мощности в оборудовании для электродиализа, а также позволяют получать большее количество воды в виде полезного продукта из подаваемой воды (хотя и за счет некоторого снижения термодинамической эффективности). Для создания в

отделениях 406В для концентрирования тангенциального течения при одновременном повышении концентрации солей в отделениях 406В, система 406 необязательно может включать насос и клапан (фиксированный или регулируемым образом устанавливаемый в определенной точке), включающий систему рециркуляции (не показана), обеспечивающую рециркуляцию всего или части бокового потока 444 обратно во впускное отверстие для подачи потока в 406В и объединение с подаваемым потоком, поступающим из 422. Это приводит к тому, что отделения для концентрата могут работать в контролируемом режиме при очень низком потреблении воды из трубопровода 422, и при этом в отделениях 406В будут поддерживаться оптимальные гидродинамические условия. Таким образом, регулируемая подача меньшего количества воды из трубопровода 422 позволяет получать из пропускаемой через отделения для обессоливания воды очень большую долю воды (выход воды) в виде воды-продукта, которая пригодна для орошения или хозяйственного использования, и меньшее количество воды, направляемой в отходящий поток 430. Как указано в последующих примерах осуществления, вода, подаваемая в отделения 406В, также может быть полностью или частично подана не из трубопровода 422, а из трубопровода 442. Таким образом, поскольку поток, выпускаемый из трубопровода 442, содержит очень низкую концентрацию загрязняющих веществ по сравнению с потоком, подаваемым во впускное отверстие 422, это дополнительно повышает вероятность получения высоких выходов воды.

Первое устройство 406 для разделения может удалять из воды, подлежащей обработке, большую часть загрязняющих веществ, что приводит к получению первого потока разбавленного раствора. Удаляемые загрязняющие вещества могут включать одну или более ионных частиц. Первое устройство 406 для разделения может удалять из подлежащей обработке воды, подаваемой через распределительную систему или трубопровод 422, например, приблизительно 80% хлорида натрия и хлорида калия и приблизительно 8% нитрата. Первое устройство 406 для разделения может выпускать разбавленный раствор, который может иметь более высокое содержание двухвалентных ионов по сравнению с одновалентными ионами и который может подходить для использования в сельском хозяйстве без дополнительной обработки. Чтобы разбавленный раствор, получаемый из первого устройства 406 для разделения, был подходящим для использования в сельском хозяйстве, величина SAR раствора может составлять, например, менее приблизительно 20, менее приблизительно 18, менее приблизительно 9, менее

приблизительно 8, менее приблизительно 3 или менее приблизительно 2, и величина TDS раствора может составлять менее приблизительно 3500 частей на миллион или менее 750 частей на миллион.

Первая часть разбавленного раствора, поступающая из первого устройства 406 для разделения, может быть направлена через распределительную систему или трубопровод 424 и распределительную систему или трубопровод 432 в участок 414 применения с целью использования в сельском хозяйстве, например, в систему для орошения водой или в систему для хранения воды для орошения. Вторая часть разбавленного раствора, поступающая из первого устройства 406 для разделения, может быть направлена через распределительную систему или трубопровод 424 во второе устройство 408 для разделения. Относительные количества разбавленного раствора, извлекаемого из первого устройства 406 для разделения, направляемые в участок 414 применения и во второе устройство 408 для разделения, могут быть выбраны в соответствии с требованиями в диапазоне, составляющем от приблизительно 0% до приблизительно 100%, от приблизительно 10% до приблизительно 90%, от приблизительно 25% до приблизительно 75% или от приблизительно 40% до приблизительно 60%. Для регулирования количества разбавленного раствора, извлекаемого из первого устройства 406 для разделения и направляемого в участок 414 применения и во второе устройство 408 для разделения в соответствии с требованиями, может быть применен байпасный клапан или перенаправляющая система 410 другого типа. Байпасным клапаном или системой 410 может управлять контроллер 106. Контроллер 106 может получать показания одного или более параметров воды от одной или более систем распределения или трубопроводов 432 или 436 или из участка 414 применения от одного или более датчиков 108. Один или более параметров воды могут включать, например, соленость, проводимость, pH, величину SAR, величину TDS или любой другой интересующий параметр или параметры. Контроллер 106 может управлять байпасным клапаном или системой 410 и, таким образом, регулировать отношение количества разбавленного раствора, извлекаемого из первого устройства 406 для разделения и направляемого в участок 414 применения и во второе устройство 408 для разделения, на основании показаний одного или более параметров воды, получаемых от датчика (датчиков) 108. Контроллер 106 также может регулировать один или более рабочих параметров первого устройства 406 для разделения на основании показаний одного или более параметров воды, получаемых от датчика (датчиков) 108. Один или более рабочих параметров первого устройства 406 для

разделения может включать, например, электрический ток, расход, выход воды или любой другой рабочий параметр или параметры.

Концентрат из первого устройства 406 для разделения может быть направлен через распределительную систему или трубопровод 430 в виде сточного
5 потока, который может быть слит в водоотводную систему, направлен в один или более вспомогательных участков 412 применения, например, для применения в электрохимическом синтезе хлора, щелочи (такой как гидроксид натрия), газообразного хлора, гипохлорит-иона, соляной кислоты или серной кислоты, или возвращен в источник 402, через, например, распределительную систему или
10 трубопровод 444. Первое устройство 406 для разделения может работать с очень высокими выходами воды, например, составляющими от приблизительно 20% до приблизительно 60% или 90% или более, поскольку одновалентные ионы могут присутствовать в концентрате, направляемом через распределительную систему или трубопровод 430, в высоких концентрациях и при этом не образовывать
15 осадков.

В частично обессоленной воде, выпускаемой в виде первого потока разбавленного раствора из первого устройства 406 для разделения, может оставаться неприемлемо высокая концентрация солей одновалентных ионов и/или высокая концентрация солей двухвалентных ионов, например, сульфатов кальция
20 и/или сульфатов магния, неподходящая для некоторых вариантов применения. Таким образом, по меньшей мере часть первого потока разбавленного раствора может быть дополнительно обработана во втором устройстве 408 для разделения. Второе устройство 408 для разделения может представлять собой устройство для разделения с градиентом давления, например, систему с мембранным фильтром.
25 Второе устройство 408 для разделения может включать наночисточные мембраны или мембраны обратного осмоса. Второе устройство 408 для разделения может представлять собой систему наночисточной низкого давления, например, систему наночисточной, работающую при перепаде давлений на мембране, составляющем от приблизительно 1 бар до приблизительно 15 бар (от $1 \cdot 10^5$ Па до
30 $15 \cdot 10^5$ Па), от приблизительно 2 бар до приблизительно 4 бар (от $2 \cdot 10^5$ Па до $4 \cdot 10^5$ Па) или менее приблизительно 3 бар ($3 \cdot 10^5$ Па). Второе устройство 408 для разделения может обрабатывать воду, подаваемую через распределительную систему или трубопровод 424 с целью получения пермеата и ретентата. Второе устройство 408 для разделения может удалять существенную часть, например, от
35 приблизительно 10% до приблизительно 95% оставшихся одновалентных ионов из

подаваемого разбавленного раствора, поступающего из первого устройства 406 для разделения, и по существу все содержащиеся в нем двухвалентные ионы и выпускать поток пермеата, имеющий очень низкую концентрацию загрязняющих веществ, состоящих из одновалентных ионов, например, менее приблизительно 250 мг/л или менее 150 частей на миллион или менее 50 частей на миллион. Второе устройство 408 для разделения также может удалять другие нежелательные компоненты из части разбавленного раствора, поступающего из первого обрабатывающего устройства, например, удалять еще от 10% до 95% нитратов из части разбавленного раствора, извлекаемого из первого устройства 406 для разделения. Ретентат из второго устройства 408 для разделения может быть направлен через распределительную систему или трубопровод 436 в участок 414 применения, где его могут применять как таковой или в комбинации с первой частью разбавленного раствора, извлекаемого из первого устройства 406 для разделения, с целью использования в сельском хозяйстве. Участок 414 применения может включать смеситель (не показан), сконструированный с возможностью смешивания разбавленного раствора, полученного в устройстве 406 для электродиализа, с любым ретентатом, полученным в устройстве 408 нанофильтрации, в результате чего получают воду для орошения, которая после смешивания имеет величину SAR, промежуточную между величиной SAR разбавленного раствора и величиной SAR ретентата.

Концентрация загрязняющих двухвалентных ионов и/или порошкообразных веществ и/или микробных загрязнений в пермеате, извлекаемом из второго устройства 408 для разделения, может быть низкой. Пермеат, извлекаемый из второго устройства 408 для разделения, может быть пригодным для хозяйственного использования и может иметь характеристики, обозначенные в известных стандартах, например, в стандартах, предоставляемых ВОЗ. Величина TDS фильтрата, извлекаемого из второго устройства 408 для разделения, может составлять, например, менее приблизительно 500 частей на миллион или менее приблизительно 250 частей на миллион, фильтрат может содержать малые количества двухвалентных ионов, малые количества металлов и следовых элементов, низкие концентрации нитратов, например, менее приблизительно 10 частей на миллион нитратов, низкие концентрации порошкообразных веществ и/или коллоидных или микробиологических загрязнений и/или низкое содержание органических веществ. Характеристики фильтрата, извлекаемого из второго устройства 408 для разделения, могут соответствовать нормативным требованиям

для хозяйственной воды в той зоне юрисдикции, в которой функционирует система 400. Фильтрат, извлекаемый из второго устройства 408 для разделения, может быть направлен через распределительную систему или трубопровод 426 в участок 418 применения для использования в качестве хозяйственной воды.

5 В некоторых примерах осуществления часть пермеата, извлекаемого из второго устройства 408 для разделения, может быть направлена через распределительную систему или трубопровод 442 в первое устройство 406 для разделения для компенсации расхода концентрата в этом устройстве. Количество или доля пермеата, извлекаемого из второго устройства 408 для разделения, 10 используемая для компенсации расхода концентрата в первом устройстве 406 для разделения, может быть выбрана в соответствии с требованиями. Количество или доля пермеата, извлекаемого из второго устройства 408 для разделения, используемая для компенсации расхода концентрата в первом устройстве 406 для разделения, может быть выбрана на основании, например, требований к качеству 15 фильтрата, извлекаемого из второго устройства 408 для разделения, и необходимой компенсации расхода концентрата. Клапан или другая перенаправляющая система 440 может регулировать количество фильтрата, извлекаемого из второго устройства 408 для разделения, для подачи в качестве компенсации расхода концентрата в первом устройстве 406 для разделения в 20 соответствии с требованиями. Клапаном или перенаправляющей системой 440 может управлять контроллер 106, в который направляют информацию от любого из датчиков 108 или других датчиков, расположенных в различных частях системы. Количество пермеата, извлекаемого из второго устройства 408 для разделения, применяемого для компенсации расхода концентрата в первом устройстве 406 для 25 разделения, может быть выбрано в соответствии, например, с качеством пермеата, извлекаемого из второго устройства 408 для разделения, и/или необходимой компенсацией расхода концентрата.

Первое устройство 406 для разделения может включать одну или более мембран, селективных по отношению к одновалентным ионам, которые 30 обеспечивают селективное пропускание одной или более одновалентных катионных или анионных частиц. Первое устройство 406 для разделения может включать, например, систему электродиализа. В других примерах осуществления вода, обработанная в первом устройстве 406 для разделения, может иметь настолько низкое содержание одновалентных ионов, что применение в первом устройстве 406 35 для разделения мембран, селективных по отношению к одновалентным ионам, не

требуется. Таким образом, в первом устройстве 406 для разделения могут быть установлены стандартные ионообменные мембраны, известные в данной области техники. Эти стандартные ионообменные мембраны могут не быть селективными по отношению к одновалентным ионам.

5 Система, представленная на Фиг. 4, имеет преимущества перед различными альтернативными подходами к получению воды для орошения и/или хозяйственной
воды из солоноватой воды. По сравнению с традиционными системами
электродиализа, включающими традиционные мембраны или мембраны,
селективные по отношению к одновалентным ионам, система, представленная на
10 Фиг. 4, может работать с более высоким выходом, может требовать удаление
меньшей доли солей в электроприводном устройстве для разделения по сравнению
с традиционными системами электродиализа и может обеспечить меньшие потери
кальция по сравнению с традиционными системами электродиализа. Таким
образом, используемое при получении воды для орошения и/или хозяйственной
15 воды из солоноватой воды электроприводное устройство для разделения,
имеющееся в системе, представленной на Фиг. 4, может иметь меньшие размеры и
может потреблять меньшее количество энергии, чем традиционные системы
электродиализа. Система, представленная на Фиг. 4, обеспечивает регулирование
отношения количества воды для орошения к количеству хозяйственной воды,
20 получаемой из подаваемой воды, подлежащей обработке. Отходы такой системы
имеют низкое содержание таких частиц, как кальций, магний, бор, селен и оксид
кремния. Большая часть кальция, магния и часть нитрата, содержащаяся в
обрабатываемой воде, подаваемой системе, остается в воде для орошения,
выпускаемой системой. Для получения хозяйственной воды, подходящей для
25 применения в качестве питьевой воды, в системе в качестве устройства для
разделения с градиентом давления может быть установлен фильтр для
нанофильтрации, а не более дорогостоящая по капитальным и текущим затратам
система с обратным осмосом. Система, представленная на Фиг. 4, может выпускать
воду для орошения с более низкой величиной SAR, чем традиционные системы
30 электродиализа.

В другом примере осуществления, обозначенном на Фиг. 5 общим
обозначением 500, система обработки может включать источник 502 воды,
подлежащей обработке. Источник 502 воды, подлежащей обработке, может
представлять собой, например, колодец (скважину) с грунтовой водой. Вода,
35 подлежащая обработке, из источника 502 воды, подлежащей обработке, может

представлять собой солоноватую воду или соленую воду, в которой концентрация растворенных солей составляет от приблизительно 500 мг/л до приблизительно 5000 мг/л или приблизительно 10000 мг/л, и которая также содержит нежелательные частицы, такие как нитраты (в концентрациях, составляющих до 5 5 частей на миллион), бикарбонаты (в концентрациях, составляющих до приблизительно 400 частей на миллион), сульфаты (в концентрациях, составляющих до приблизительно 2000 частей на миллион), железо, бор, марганец, селен, кальций, магний, мышьяк, оксид кремния и/или серы или фториды. Источник 502 воды, подлежащей обработке, может быть соединен 10 гидравлическим соединением с буферным резервуаром 506 через трубопровод 504.

Для подачи воды, подлежащей обработке, из буферного резервуара 506 через трубопроводы 508 и 512 в воздушный адсорбер (устройство для отгонки воздухом) 514, может быть установлен и приведен в действие подпиточный насос 510. Воздушный адсорбер 514 может включать колонну и инертную насадку, 15 например, гравий, глауконитовый песок или гранулы или куски пористого оксида кремния, через которые вниз стекает вода, подлежащая обработке, в то время как воздух поднимается вверх противотоком. В альтернативном варианте глауконитовый песок может быть помещен в отдельную технологическую установку для удаления железа и марганца, не зависящую от воздушного адсорбера 514. В 20 воздушном адсорбере 514 из воды, подлежащей обработке, могут быть удалены бикарбонат, марганец, мышьяк, железо и/или сульфиды. Для облегчения удаления бикарбоната в трубопровод 512 (или необязательно в буферный резервуар 506 или трубопровод 508) из источника 516 регулятора рН может быть введена кислота, например, соляная кислота или серная кислота, которая может снижать рН воды, 25 подлежащей обработке, которую направляют в воздушный адсорбер 514, до кислотного рН, составляющего приблизительно 4,2, при котором бикарбонат превращается в газообразный диоксид углерода, который удаляется из воды, подлежащей обработке, в воздушном адсорбере 514. Количество регулятора рН, добавляемого к воде, подлежащей обработке, можно регулировать в соответствии с 30 рН и/или показаниями расходомера одного или более датчиков 108А, 108В, установленных выше по потоку или ниже по потоку относительно точки впрыска регулятора рН. Железо, марганец, мышьяк и/или сульфид могут адсорбироваться насадкой, находящейся в воздушном адсорбере 514, или могут образовывать окисленные твердые осадки, которые могут быть удалены фильтрованием. 35 Стекающий поток воды, проходящий через воздушный адсорбер 514, может

вымывать удаленные загрязняющие вещества и уносить их в водоотводную систему или сборник 518. В тех примерах осуществления, в которых хлориды желателно сконцентрировать в концентрате от электродиализа, для снижения рН может быть предпочтительным применение соляной кислоты. В других примерах осуществления, в частности, при обработке воды, в которой содержание 5 одновалентных анионов оказывается более высоким по сравнению с содержанием одновалентных катионов, для снижения рН может быть предпочтительным применение серной кислоты.

10 После прохождения через воздушный адсорбер 514 воду, подлежащую обработке, направляют через трубопровод 520 в фильтр 522 предварительного фильтрования, который может включать сетчатый (экранный) фильтр с отверстиями размером, например, приблизительно 10 мкм. Фильтр 522 предварительного 15 фильтрования также может включать или в альтернативном варианте включает одно или более следующих устройств: микрофильтр, осадитель, песчаный фильтр или сетчатый фильтр, микropесчаный фильтр или фильтр для крупнодисперсных частиц.

Предварительно профильтрованная вода, подлежащая обработке, затем может быть направлена в трубопровод 524 и может быть разделена на потоки для введения в отделения 526А для обессоливания и отделения 526В для 20 концентрирования устройства 526 для электродиализа. В предварительно профильтрованную воду, подлежащую обработке, направляемую в отделения 526В для концентрирования устройства 526 для электродиализа, из контура 528 для концентрата может быть добавлен подаваемый рециклом поток воды для компенсации расхода концентрата. В альтернативном варианте подаваемая вода 25 может быть направлена исключительно в отделения для обессоливания, и вода компенсации, направляемая в электродные отделения и/или отделения для концентрирования, может быть отобрана от пермеата нанофильтрации и направлена через трубопровод 554.

30 Устройство 526 для электродиализа может удалять из воды, подлежащей обработке, существенную часть загрязняющих веществ, что позволят получать первый поток разбавленного раствора. Удаляемые загрязняющие вещества могут включать одну или более ионных частиц. Устройство 526 для электродиализа может удалять, например, приблизительно 80% хлорида натрия и хлорида калия и до приблизительно 80% нитрата из обрабатываемой воды, подаваемой через

распределительную систему или трубопровод 524. Устройство 526 для электродиализа может выпускать разбавленный раствор, в котором концентрация двухвалентных ионов может быть высокой по сравнению с концентрацией одновалентных ионов и может быть приемлемой для использования в сельском хозяйстве без дополнительной обработки. Для того, чтобы разбавленный раствор, извлекаемый из устройства 526 для электродиализа, был пригоден для использования в сельском хозяйстве, величина SAR этого раствора может составлять, например, менее приблизительно 20, менее приблизительно 18, менее приблизительно 9, менее приблизительно 8, менее приблизительно 3 или менее приблизительно 2, и величина TDS этого раствора может составлять менее приблизительно 3500 частей на миллион и/или более приблизительно 1500 частей на миллион. Отношение концентрации двухвалентных селенат-ионов или селенит-ионов к концентрации хлорид-ионов в разбавленном растворе, извлекаемом из устройства 526 для электродиализа, может быть меньше величины этого отношения, измеряемой для воды, подлежащей обработке (при применении неселективных анионных мембран), и отношение концентрации ионов кальция к концентрации ионов натрия в разбавленном растворе, извлекаемом из устройства 526 для электродиализа, может превышать указанное отношение, определяемое для воды, подлежащей обработке (при применении мембран, селективных по отношению к одновалентным катионам).

Первая часть разбавленного раствора, извлекаемого из устройства 526 для электродиализа, может быть направлена через распределительную систему или трубопровод 530 и распределительную систему или трубопровод 532 в участок 534 применения для использования в сельском хозяйстве, например, в систему распределения воды для орошения или систему хранения воды для орошения. Первая часть разбавленного раствора, извлекаемого из устройства 526 для электродиализа, направляемая в участок 534 применения для использования в сельском хозяйстве, может иметь более низкую относительную концентрацию одновалентных ионов, таких как ионы натрия и хлорид-ионы, и более высокую концентрацию двухвалентных ионов, таких как ионы кальция и магния, чем в исходной воде, подлежащей обработке. Первая часть разбавленного раствора, извлекаемого из устройства 526 для электродиализа, направляемая в участок 534 применения для использования в сельском хозяйстве, может иметь по существу ту же концентрацию бора, селена (или двухвалентного селената или селенита) и оксида кремния, что и исходная вода, подлежащая обработке. В некоторых

примерах осуществления часть разбавленного раствора, извлекаемого из устройства 526 для электродиализа, направляемая в участок 534 применения для использования в сельском хозяйстве, может быть дополнительно обработана для снижения концентрации бора, например, с помощью ионообменной системы 555.

- 5 Поскольку в отличие от результата обработки с помощью обратного осмоса (RO) содержание оксида кремния в концентрате не повышается, оксид кремния не ограничивает выход воды, получаемой в системе.

Вторая часть разбавленного раствора, извлекаемого из устройства 526 для электродиализа, может быть направлена через распределительную систему или

10 трубопровод 536 в устройство 538 нанофильтрации, необязательно после дополнительной обработки с целью дальнейшего снижения концентрации бора. Относительные количества разбавленного раствора, извлекаемого из устройства 526 для электродиализа, которые направляют в участок 534 применения и в устройство 538 нанофильтрации, могут быть выбраны в соответствии с

15 требованиями в виде любой величины, находящейся в диапазоне от приблизительно 0% до приблизительно 100%, от приблизительно 10% до приблизительно 90%, от приблизительно 25% до приблизительно 75% или от приблизительно 40% до приблизительно 60%. Для регулирования количества разбавленного раствора, извлекаемого из устройства 526 для электродиализа,

20 направляемого в участок 534 применения и в устройство 538 нанофильтрации в соответствии с требованиями, может быть применен байпасный клапан или перенаправляющая система 540 другого вида. Байпасным клапаном или системой 540 может управлять контроллер 106. В контроллер 106 могут быть направлены показания одного или более параметров воды, получаемых из одной или более

25 распределительных систем или трубопроводов 532 или 542 или из участка 534 применения от одного или более датчиков 108C, 108D, 108E. Один или более параметров воды могут включать, например, соленость, проводимость, pH, величину SAR, величину TDS или любой другой интересующий параметр или параметры. Контроллер 106 может управлять байпасным клапаном или системой

30 540 и, таким образом, регулировать отношение количества разбавленного раствора, извлекаемого из устройства 526 для электродиализа и направляемого в участок 534 применения и в устройство 538 нанофильтрации, на основании показаний одного или более параметров воды, получаемых от датчика (датчиков) 108C, 108D, 108E. Контроллер 106 также может регулировать один или более рабочих параметров

35 устройства 526 для электродиализа на основании показаний одного или более

параметров воды, получаемых от датчика (датчиков) 108С, 108D, 108Е. Один или более рабочих параметров устройства 526 для электродиализа может включать, например, ток, расход, выход воды или любой другой рабочий параметр или параметры.

5 Концентрат из устройства 526 для электродиализа может быть направлен через распределительную систему или трубопровод 544 в виде сточного потока, который может быть слит в водоотводную систему, направлен в один или более вспомогательных участков 546 применения, например, для применения в электрохимическом синтезе хлора, щелочи, газообразного хлора, гипохлорит-иона, 10 соляной кислоты или серной кислоты. Кислота, получаемая во вспомогательных участках 546 применения, которые могут включать или включают систему электрохимической генерации тока, может быть подана в источник 516 регулятора рН, например, через трубопровод 517. В других примерах осуществления концентрат, извлекаемый из устройства 526 для электродиализа, может 15 соответствовать стандартам качества для воды, используемой в операциях по добыче нефти, и вспомогательный участок 546 применения может включать установку по добыче нефти. Перед применением в операциях по добыче нефти на вспомогательном участке 546 применения концентрат, извлекаемый из устройства 20 526 для электродиализа, может быть подвергнут умягчению для снижения концентрации двухвалентных катионов, например, обработкой в ионообменной системе 551. В альтернативном варианте или дополнительно система 551 может включать систему регулирования рН, регулируемую рН концентрата, извлекаемого из устройства 526 для электродиализа, до достижения величины рН, подходящей для применения воды в операциях по добыче нефти. Количество концентрата, 25 направляемого в один или более вспомогательных участков 546 применения может составлять от приблизительно 5% до приблизительно 10% от количества концентрата, получаемого в устройстве 526 для электродиализа. Концентрат, направляемый в один или более вспомогательных участков 546 применения, может иметь повышенную концентрацию хлорида натрия по сравнению с концентрацией 30 хлорида натрия в исходной воде, подлежащей обработке, и концентрации бора, селена (или двухвалентного селената или селенита) и оксида кремния, по существу близкие к их концентрациям в исходной воде, подлежащей обработке. Отношение концентрации двухвалентных селенат-ионов или селенит-ионов к концентрации хлорид-ионов в концентрате, извлекаемом из устройства 526 для электродиализа, 35 может составлять меньше, чем в воде, подлежащей обработке.

Устройство 526 для электродиализа может работать с очень высокими выходами воды, например, составляющими от приблизительно 20% до приблизительно 60% или 90% или более, поскольку одновалентные ионы могут присутствовать в концентрате, направляемом через распределительную систему или трубопровод 544, в высоких концентрациях и при этом не образовывать осадков.

В частично обессоленной воде, выпускаемой в виде первого потока разбавленного раствора из устройства 526 для электродиализа, может оставаться неприемлемо высокая концентрация солей одновалентных ионов и/или высокая концентрация солей двухвалентных ионов, например, сульфатов кальция и/или сульфатов магния, неподходящая для некоторых вариантов применения. Таким образом, по меньшей мере часть первого потока разбавленного раствора может быть дополнительно обработана в устройстве 538 нанофильтрации. Устройство 538 нанофильтрации может представлять собой систему нанофильтрации низкого давления, например, систему нанофильтрации, работающую при перепаде давлений на мембране, составляющем от приблизительно 1 бар до приблизительно 10 бар (от $1 \cdot 10^5$ до 10^6 Па), от приблизительно 2 бар до приблизительно 4 бар (от $2 \cdot 10^5$ Па до $4 \cdot 10^5$ Па), менее приблизительно 4 бар ($4 \cdot 10^5$ Па) или менее приблизительно 3 бар ($3 \cdot 10^5$ Па). Устройство 538 нанофильтрации может обрабатывать воду, подаваемую через распределительную систему или трубопровод 536 с целью получения пермеата и ретентата. Отношение потока, вытекающего из выпускного отверстия для ретентата, к потоку пермеата, протекающему через устройство 538 нанофильтрации, может быть отрегулировано с целью ограничения вероятности образования отложений веществами, растворенными в ретентате, получаемом при нанофильтрации. Устройство 538 нанофильтрации может удалять существенную часть, например, от приблизительно 50% до приблизительно 95% или до приблизительно 97% оставшихся одновалентных ионов из подаваемого разбавленного раствора, поступающего из устройства 526 для электродиализа, и выпускать поток пермеата, имеющий очень низкую концентрацию загрязняющих веществ, состоящих из одновалентных ионов, например, менее приблизительно 500 мг/л (500 частей на миллион) или менее 200 частей на миллион. В других примерах осуществления устройство 538 нанофильтрации может удалять по существу все двухвалентные ионы и до приблизительно 10%-25% одновалентных ионов и выпускать поток пермеата, по существу не содержащий двухвалентных ионов, но с лишь незначительно

сниженной концентрацией одновалентных ионов. Устройство 538 нанофильтрации может выпускать ретентат, в котором концентрация двухвалентных катионов, таких как кальций и магний, превышает концентрацию двухвалентных катионов в разбавленном растворе, извлекаемом из устройства 526 для электродиализа, и

5 концентрация одновалентных катионов, таких как натрий, составляет менее концентрации одновалентных катионов в разбавленном растворе. Устройство 538 нанофильтрации также может удалять дополнительные нежелательные компоненты из части разбавленного раствора, извлекаемого из устройства 526 для электродиализа, например, дополнительно от 10% до 90% нитратов из части

10 разбавленного раствора, извлекаемого из устройства 526 для электродиализа. Ретентат из устройства 538 нанофильтрации может быть направлен через распределительную систему или трубопровод 542 в участок 534 применения, в котором он может быть скомбинирован с первой частью разбавленного раствора, извлекаемого из устройства 526 для электродиализа, для использования в сельском

15 хозяйстве. В некоторых примерах осуществления ретентат из устройства 538 нанофильтрации и/или разбавленный раствор из устройства для электродиализа, направляемый в участок 534 применения для использования в сельском хозяйстве, может быть дополнительно обработан с целью снижения содержания бора, например, с помощью ионообменной системы 557 и/или 555. В других случаях

20 подаваемая для электродиализа вода или вода, подаваемая в устройство нанофильтрации, может быть обработана при повышенном pH с добавлением гидроксида натрия, в результате чего растворенные соединения бора ионизируются до боратов и затем удаляются либо при проведении этапа электродиализа через анионную мембрану, либо при проведении этапа нанофильтрации. Следует

25 отметить, что дополнительными преимуществами удаления бикарбоната при подкислении и адсорбции является то, что вода, подаваемая в устройства электродиализа и нанофильтрации, имеет низкий потенциал образования отложений при повышенных pH и не содержит буфера, и, таким образом, для повышения pH воды до величин, достаточных для удаления бора, требуется

30 относительно низкое количество каустической соды, что снижает стоимость обработки.

Величина SAR ретентата, извлекаемого из устройства 538 нанофильтрации, может быть ниже величины SAR разбавленного раствора, извлекаемого из устройства 526 для электродиализа, и ниже величины SAR пермеата, извлекаемого

35 из устройства 538 нанофильтрации. Участок 534 применения может включать

смеситель (не показан), сконструированный с возможностью смешивания разбавленного раствора, полученного в устройстве 526 для электродиализа, с любым ретентатом, полученным в устройстве 538 нанофильтрации, что позволят получать воду для орошения, величина SAR которой составляет промежуточное значение между величиной SAR разбавленного раствора и величиной SAR ретентата.

В некоторых примерах осуществления часть ретентата, извлекаемого из устройства 538 нанофильтрации, может быть направлена в соответствии с командами контроллера 106 через байпасный клапан или систему 558 и трубопровод 560 в систему 556 электрохимической генерации тока для получения серной кислоты. Система 556 электрохимической генерации тока может включать устройство для умягчения воды, расположенное выше по потоку относительно впускного отверстия устройства для электрохимической генерации тока, которое включено в систему 556 для обработки ретентата, перед тем, как ретентат попадает в систему электрохимической генерации серной кислоты. Серная кислота, получаемая в системе 556 электрохимической генерации тока, может быть направлена в источник 516 регулятора pH.

Концентрация загрязняющих двухвалентных ионов и/или порошкообразных веществ и/или микробных загрязнений в пермеате, извлекаемом из устройства 538 нанофильтрации, может быть низкой. Пермеат, извлекаемый из устройства 538 нанофильтрации, может быть пригодным для хозяйственного использования и может иметь характеристики, обозначенные в известных стандартах, например, в стандартах, предоставляемых ВОЗ. Величина TDS пермеата, извлекаемого из устройства 538 нанофильтрации, может составлять, например, менее приблизительно менее приблизительно 500 частей на миллион, и пермеат может содержать малые количества двухвалентных ионов, малые количества металлов и следовых элементов, низкие концентрации нитратов, например, менее приблизительно 10 частей на миллион нитратов, низкие концентрации порошкообразных веществ и/или коллоидных или микробиологических загрязнений и/или низкое содержание органических веществ. Характеристики пермеата, извлекаемого из устройства 538 нанофильтрации, могут соответствовать нормативным требованиям для хозяйственной воды в той зоне юрисдикции, в которой функционирует система 500. Пермеат, извлекаемый из устройства 538 нанофильтрации, может быть направлен через распределительную систему или трубопровод 548 в участок 550 применения для использования в качестве

хозяйственной воды. В некоторых примерах осуществления пермеат, извлекаемый из устройства 538 нанофильтрации, может быть подвергнут дополнительной обработке, например, в установке 559 последующей обработки, с целью осуществления по меньшей мере одного из следующих действий: повышения рН, 5 понижения рН, добавления газообразного хлора или добавления гипохлорит-иона.

В некоторых примерах осуществления часть пермеата, извлекаемого из устройства 538 нанофильтрации, может быть направлена через распределительную систему или трубопровод 554 для компенсации расхода концентрата и/или в качестве электродного потока устройства 526 для электродиализа. Часть пермеата, 10 извлекаемого из устройства 538 нанофильтрации, используемая для компенсации расхода концентрата в устройстве 526 для электродиализа, может быть направлена через трубопровод 554 в контур 528 рециркуляции концентрата устройства 526 для электродиализа. Количество или доля пермеата, извлекаемого из устройства 538 нанофильтрации, используемая для компенсации расхода концентрата в устройстве 15 526 для электродиализа, может быть выбрана в соответствии с требованиями. Количество или доля пермеата, извлекаемого из устройства 538 нанофильтрации, используемая для компенсации расхода концентрата в устройстве 526 для электродиализа, может быть выбрана на основании, например, требований к качеству пермеата, извлекаемого из устройства 538 нанофильтрации, и 20 необходимой компенсации расхода концентрата. Качество пермеата, извлекаемого из устройства 538 нанофильтрации, может быть определено датчиком 108F, который в различных примерах осуществления может определять одну или более из следующих величин: рН, соленость, расход, вид ионов, величину SAR или любой другой требуемый параметр пермеата, извлекаемого из устройства 538 нанофильтрации. Также или в альтернативном варианте количество или доля 25 пермеата, извлекаемого из устройства 538 нанофильтрации, используемая для компенсации расхода концентрата в устройстве 526 для электродиализа, может быть выбрана, например, в соответствии с качеством разбавленного раствора, извлекаемого из устройства 526 для электродиализа. Качество разбавленного 30 раствора, извлекаемого из устройства 526 для электродиализа, может быть определено датчиком 108C, который в различных примерах осуществления может определять одну или более из следующих величин: рН, соленость, расход, вид ионов, величину SAR или любой другой требуемый параметр разбавленного раствора, извлекаемого из устройства 526 для электродиализа.

Количество пермеата, извлекаемого из устройства 538 нанофильтрации, используемое для компенсации расхода концентрата в устройстве 526 для электродиализа, может быть отрегулировано в соответствии с требованиями с помощью клапана или другой перенаправляющей системы 552. Клапаном или
5 перенаправляющей системой 552 может управлять контроллер 106 в соответствии с информацией, поступающей от любого из датчиков 108C, 108D, 108E, 108F или других датчиков, находящихся в различных частях системы.

Устройство 526 для электродиализа может включать одну или более мембран, селективных по отношению к одновалентным ионам, которые
10 обеспечивают селективное пропускание одной или более одновалентных катионных или анионных частиц. В других примерах осуществления вода, обработанная в устройстве 526 для электродиализа, может иметь настолько низкое содержание одновалентных ионов, что применение в устройстве 526 для электродиализа мембран, селективных по отношению к одновалентным ионам, не требуется. Таким
15 образом, в устройстве 526 для электродиализа могут быть установлены стандартные ионообменные мембраны, известные в данной области техники. Эти стандартные ионообменные мембраны могут не быть селективными по отношению к одновалентным ионам.

В каждой из описанных выше систем общие выходы воды могут достигать от
20 приблизительно 66% до приблизительно 95% или выше при сохранении низких затрат на обработку и высокого коэффициента полезного использования энергии; например, коэффициент полезного использования энергии может составлять приблизительно $2,0 \text{ кВт/м}^3$ очищенной воды или менее. В некоторых примерах осуществления воду, очищенную до состояния, подходящего для использования
25 сельскохозяйственных или хозяйственных целей, не отбрасывают в виде сточной воды. Напротив, вода, применяемая в качестве компенсации концентрата или электродных потоков в системах электродиализа, может быть получена из поступающей воды. Отбор такой компенсационной воды из расположенных ниже по потоку источников может повышать общий коэффициент полезного использования
30 тока системы согласно изобретению по сравнению с системами, не включающими описанный отбор компенсационной воды.

Хозяйственная вода, получаемая в рассмотренных выше системах, может иметь низкую соленость и по существу или абсолютно не содержать порошкообразных веществ, коллоидных веществ, растворенных органических

материалов, вирусов или микробов. В тех примерах осуществления, в которых концентрации селена в воде, извлекаемой из устройства для электродиализа, соответствуют минимальным стандартам для орошения, но избыточны для воды хозяйственного назначения, селен в виде двухвалентного селената или селенита может быть с успехом удален в этапе нанофильтрации. В тех примерах осуществления, в которых концентрации селена избыточны для воды, предназначенной для орошения, устройство для электродиализа может включать неселективные анионные мембраны и работать в таком режиме, чтобы двухвалентный селенат или селенит имел достаточной низкую концентрацию в разбавленном растворе. В тех примерах осуществления, в которых концентрации селена приемлемы для воды, предназначенной для орошения, но были бы слишком высокими для употребления дикими животными воды из отходящего потока системы, система электродиализа может включать мембраны, селективные по отношению к одновалентным анионам, которые предотвращают транспорт двухвалентного селената или селенита в отделения для концентрирования. Хозяйственная вода может иметь характеристики, обозначенные в известных стандартах, например, в стандартах, предоставляемых ВОЗ. Фракция получаемой очищенной воды, которая пригодна для использования в сельском хозяйстве, может иметь высокие концентрации двухвалентных ионов и минералов и низкие концентрации загрязнений, таких как хлорид натрия или хлорид калия. Фракция получаемой очищенной воды, которая пригодна для использования в сельском хозяйстве, может не требовать умягчения с помощью обработки мембранами. Поскольку лишь небольшая доля от общего потока воды, направляемого в системы обработки, рассмотренные выше, может быть обработана мембранами для умягчения воды в целях получения хозяйственной воды, размер, капитальные и текущие затраты на мембранные установки для умягчения воды могут быть относительно низкими по сравнению с затратами в системах, в которых в мембранные установки для умягчения воды направляют для обработки большее количество воды. Кроме того, в некоторых примерах осуществления лишь небольшую часть поступающей воды, подлежащей обработке, обрабатывают в установках электродиализа, включающих мембраны, селективные по отношению к одновалентным ионам, что также позволяет снижать размеры обрабатываемой установки, а также капитальные и текущие затраты.

В некоторых примерах осуществления может быть по существу исключен или прекращен транспорт двухвалентных ионов через устройство для электродиализа,

включающее мембраны, селективные по отношению к одновалентным ионам. Это позволяет снизить образование отложений в установках для электродиализа и снизить колебания pH и высокие напряжения, вызываемые транспортом кальция или сульфата через типичную ионообменную мембрану, селективную по отношению к катионам или анионам.

Каждый из примеров осуществления рассмотренных выше систем обработки может быть применен как часть одной системы, и в этом случае для получения сельскохозяйственной и хозяйственной воды в количествах или с качествами, подходящими для конкретного применения, в зависимости от количества воды, компенсирующей расход подаваемой воды, и потребления воды для сельскохозяйственного или хозяйственного использования могут быть применены комбинации различных примеров осуществления изобретения. Количества воды, подходящей для хозяйственного или сельскохозяйственного потребления, могут быть изменены посредством увеличения или снижения количеств воды, подлежащей обработке, пропускаемых через каждый из различных примеров осуществления, что позволяет изменять относительные выходы воды или регулировать соленость на основании изменений солености обрабатываемой воды.

Как было отмечено выше, в операциях последующей обработки, применяемых в системах и методиках согласно изобретению, могут быть применены вспомогательные системы. Например, для дополнительной обработки воды может быть установлена одна или более дезинфицирующих систем, таких как системы облучения (такого как обработка УФ излучением), окисления или иного способа снижения микробиологической активности в воде. Дополнительно, как было отмечено выше, также может быть применена одна или более систем хранения.

Поскольку в некоторых примерах осуществления изобретения могут быть селективно удалены одновалентные частицы, получаемые вторичные потоки или потоки концентрата будут с меньшей вероятностью образовывать отложения и засоры. Это позволяет в некоторых примерах осуществления изобретения, относящихся к разделению, работать с более высокой производительностью по сравнению с неселективными методиками, благодаря возможности эффективного снижения объемной скорости любых вторичных потоков из-за отсутствия или меньшего образования нежелательных осадков. Таким образом, некоторые примеры осуществления изобретения, в которых применяют системы и методики селективного отделения одновалентных частиц, могут функционировать с более

высокой производительностью по сравнению с неселективными устройствами для электродиализа (ED) и устройствами для разделения с помощью перегонки и даже с еще более высокой производительностью, чем устройства для разделения способами обратного осмоса и нанофильтрации. В частности, поскольку системы разделения способами обратного осмоса и нанофильтрации обеспечивают селективное снижение концентраций неоновалентных частиц, указанные способы не подходят для эффективного производства обработанной воды с низкими величинами SAR.

Дополнительное преимущество систем и методик селективного разделения согласно изобретению относится к снижению концентрации или удалению неионизированных частиц, которые не влияют или по существу не влияют на рост сельскохозяйственных культур. Например, в системах согласно изобретению, включающих ED устройства, или в системах согласно изобретению, включающих устройства с нанофильтрами, обычно не происходит преимущественного удаления оксида кремния, что позволяет избежать проблем, связанных с образованием отложений или засорением во вторичных потоках, которые обычно возникают при обработке воды, содержащей оксид кремния, в устройствах с обратным осмосом и перегонных устройствах. Кроме того, поскольку вторичные потоки, получаемые в некоторых примерах осуществления изобретения, обычно имеют пониженную тенденцию к образованию отложений, производительность систем и методик разделения согласно изобретению может превышать производительность систем с обратным осмосом и систем, осуществляющих перегонку.

Дополнительным преимуществом системы нанофильтрации является то, что водный ретентат нанофильтра может быть применен в качестве воды для орошения. Таким образом, в тех случаях, где требуется существенное количество воды для орошения, все или существенная часть разбавленного раствора, извлекаемого из системы электродиализа, может быть направлена в нанофильтр, и нанофильтр может работать с низкими выходами воды. Если нанофильтр работает с относительно низкими выходами воды, то поток ретентата увеличивается и концентрация ретентата снижается, что приводит к меньшей вероятности образования отложений или засорения или работы с высокими потерями осмотического давления. При этом сохраняется общий расход воды, поскольку весь отходящий поток ретентата, получаемый на нанофилт্রে, может представлять собой подходящий источник воды для орошения с низкой величиной SAR.

Контроллер 106 системы согласно изобретению может включать одну или более компьютерных систем. Компьютерная система может представлять собой, например, компьютер общего назначения, такой как компьютер на основе процессора типа Intel PENTIUM®, процессора Motorola PowerPC®, процессора Sun 5 UltraSPARC®, процессора Hewlett-Packard PA-RISC® или процессора любого другого типа или их комбинаций. Компьютерная система может включать специально запрограммированное специализированное машинное обеспечение, например, специализированную интегральную микросхему (ASIC, от англ. application-specific integrated circuit) или контроллеры, предназначенные для систем 10 обработки воды.

Компьютерная система может включать один или более процессоров, обычно соединенных с одним или более устройствами памяти, которые могут включать, например, одно или более следующих устройств: память на диске, карту флэш-памяти, оперативное запоминающее устройство (RAM, от англ. Random Access 15 Memory) или другое устройство для хранения данных. Компонент или подсистему памяти обычно применяют для хранения программ и данных во время работы системы 100 и/или компьютерной системы. Например, компонент памяти может быть применен для хранения ретроспективных данных, относящихся к параметрам, накопленным в течение периода времени, а также рабочих данных. Программное 20 обеспечение, включающее программный код, который управляет примерами осуществления изобретения, может храниться на компьютерном читаемом и/или записываемом долговременном носителе памяти, и затем его обычно копируют в подсистему памяти, в которой оно затем может быть выполнено одним или более процессорами. Программный код может быть записан на любой совокупности 25 языков программирования, например, Java, Visual Basic, C, C#, или C++, Fortran, Pascal, Eiffel, Basic или любой другой разновидности их комбинаций.

Компоненты компьютерной системы могут быть соединены посредством механизма взаимосвязи, который может включать одну или более шин, которые обеспечивают сообщение между компонентами, собранными внутри одного 30 устройства, и/или сеть, которая обеспечивает сообщение или взаимодействие между компонентами, находящимися в отдельных различных устройствах. Механизм взаимосвязи обычно включает коммуникации, которые включают, без ограничений, обмен данными и инструкциями между компонентами системы.

Компьютерная система также может включать одно или более устройств ввода, например, клавиатуру, мышь, шаровой манипулятор, микрофон, сенсорный экран, и одно или более устройств вывода, например, печатающее устройство, экран дисплея или громкоговоритель. Кроме того, компьютерная система может
5 содержать один или более интерфейсов, которые могут соединять компьютерную систему с коммуникационной сетью, дополняющей или альтернативной сети, которая может быть образована одним или более компонентами системы.

В одном или более примерах осуществления изобретения один или более устройств ввода могут включать датчики для измерения параметров. В
10 альтернативном варианте датчики, измерительные клапаны и/или насосы или все такие компоненты могут быть соединены с коммуникационной сетью, которая функционально соединена с компьютерной системой. Например, один или более датчиков 108 (или 108A-108F) могут быть сконструированы в виде устройств ввода, которые непосредственно соединены с контроллером 106; измерительные клапаны,
15 насосы и/или компоненты различных примеров осуществления настоящего изобретения могут быть сконструированы в виде устройств вывода, которые соединены с контроллером 106. Один или более из таких субкомпонентов или одна или более из таких subsystemов могут быть соединены с другой компьютерной системой или компонентом с образованием сообщения с компьютерной системой
20 через коммуникационную сеть. При такой конфигурации один датчик может быть расположен на значительном расстоянии от другого датчика или любой датчик может быть расположен на значительном расстоянии от любой subsystemы и/или контроллера при наличии между ними обмена данными.

Контроллер может включать одно или более компьютерных запоминающих
25 устройств, таких как считываемый и/или записываемый энергонезависимый носитель информации, в котором могут храниться сигналы, определяющие программу, выполняемую одним или более процессорами. Носитель может включать, например, память на диске или флэш-память. Обычно в процессе работы процессор может считывать данные, такие как закодированные команды, под
30 действием которых происходит функционирование одного или более примеров осуществления изобретения, с запоминающего устройства в память, что обеспечивает одному или более процессорам более быстрый доступ к информации, чем с носителя. Память обычно представляет собой энергозависимое запоминающее устройство с произвольным доступом, такое как динамическая
35 оперативная память (DRAM, от англ. dynamic random access memory) или

статическое запоминающее устройство (SRAM, от англ. static memory) или другие подходящие устройства, обеспечивающие перенос информации с и на один или более процессоров.

Несмотря на то, что в качестве примера системы управления представлен один из типов компьютерной системы, с помощью которой могут быть воплощены различные аспекты изобретения, следует понимать, что изобретение не ограничено осуществлением с помощью программного обеспечения или компьютерной системы, приведенных в качестве примера. Напротив, вместо применения для осуществления изобретения, например, компьютерной системы общего назначения, контроллера или компонентов или соответствующих подразделов, в альтернативном варианте изобретение может быть осуществлено с помощью специализированной системы или специализированного программируемого логического контроллера (ПЛК) или системы распределенного управления. Кроме того, следует понимать, что один или более признаков или аспектов изобретения может быть воплощен в программном обеспечении, аппаратных средствах или встроенных программах или любой комбинации перечисленных средств. Например, один или более сегментов алгоритма, выполняемого контроллером 106, может быть выполнен на отдельных компьютерах, которые, в свою очередь, могут сообщаться через одну или более сети.

ОПИСАНИЕ ПРИМЕРА ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Водохозяйственный округ Tranquility, Калифорния

В водохозяйственном округе Tranquility имеется необходимость как в хозяйственной воде, так и в воде для орошения из-за недостаточности пресной воды, которую можно использовать для указанных нужд. Однако в округе имеется достаточный и возобновляемый запас неглубоко залегающей грунтовой воды, которая может быть добыта экономичными способами, но эта вода отличается соленостью и непригодна ни для орошения, ни в качестве хозяйственной воды, если из нее не удалены загрязняющие вещества. В настоящее время имеющаяся неглубоко залегающая грунтовая вода создает неудобства, поскольку горизонт грунтовых вод повышается в результате орошения водой из альтернативных и дорогостоящих или невозобновляемых источников пресной воды, таких как глубокие скважины; горизонт грунтовых вод может подниматься, достигая прикорневой зоны сельскохозяйственных культур, что приводит к снижению урожая сельскохозяйственных культур, несмотря на использование дорогостоящих

альтернативных источников чистой воды. Пример осуществления настоящего изобретения может решить существующую проблему за счет экономической обработки очень больших количеств имеющихся неглубоко залегающих грунтовых вод, в результате которой получают высококачественную воду для орошения и хозяйственную воду при одновременном снижении возможного повышения горизонта грунтовых вод и получения малых количеств отбрасываемой воды, которая относительно нетоксична для диких животных и легко утилизируется.

Для расчета ожидаемой концентрации загрязняющих веществ будет применена конструкция системы, показанной в примере осуществления, представленном на Фиг. 4, характеризующая общим выходом воды, составляющим 90%; кроме того, в системе электродиализа устанавливают 70% удаление TDS в разбавленном растворе, извлекаемом из электродиализа, и 90% извлечение в концентрате; система включает мембраны, селективные по отношению к одновалентным анионам и катионам и имеющие коммерчески доступные величины селективности; предварительная обработка перед вводом в систему электродиализа включает предварительное фильтрование на сетчатом фильтре, последующее подкисление соляной кислотой до pH 4,5, отгонку воздухом для удаления поступающего бикарбонат-иона, а также частиц, содержащих железо, марганец или сульфид, и повышение pH до 5,5. Компенсацию расхода концентрата в концентрате для электродиализа отбирают от предварительно обработанного подаваемого потока; также имеется внутренняя рециркуляция по отделениям концентрирования.

Ниже приведены результаты анализа воды из приповерхностного соленого источника Tranquility:

TDS – 3941 частей на миллион; температура 68°F (что составляет 20°C); pH подаваемой воды 6,5; кальций – 240 частей на миллион в виде иона, магний – 28 частей на миллион в виде иона, натрий – 1080 частей на миллион в виде иона, калий – 12 частей на миллион в виде иона, сульфат – 1480 частей на миллион в виде иона, бикарбонат (после адсорбера) – 25 частей на миллион в виде иона, хлорид (после подкисления) – 1076 в виде иона (SAR 17,6).

Ниже приведены вычисленные параметры разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа:

TDS – 1209 частей на миллион; кальций – 209 частей на миллион в виде иона, магний – 25 частей на миллион в виде иона, натрий – 140 частей на миллион в виде иона, калий – 2 части на миллион в виде иона, сульфат – 617 частей на миллион в виде иона, бикарбонат – 7 частей на миллион в виде иона, хлорид – 209
5 частей на миллион в виде иона (SAR 1,7); часть этой воды также направляют в устройство нанофильтрации.

Ниже приведены вычисленные параметры потока концентрата, извлекаемого из устройства для электродиализа:

10 TDS – 27660 частей на миллион; кальций – 520 частей на миллион в виде иона, магний – 16 частей на миллион в виде иона, натрий – 9443 частей на миллион в виде иона, калий – 100 частей на миллион в виде иона, сульфат – 8630 частей на миллион в виде иона, бикарбонат – 186 частей на миллион в виде иона, хлорид – 8795 в виде иона (SAR 111).

Представленные результаты показывают, что разбавленный водный раствор, имеющий SAR 1,7, низкую щелочность и pH, подходящий для снижения в почве
15 накопления обменного натрия, идеально подходит в качестве воды для орошения. Возможно, что власти округа найдут нужным удалять лишь 50% или 60% TDS, позволяя в этом случае системе работать с несколько более высокой, но все же приемлемой величиной SAR, что позволяет применять систему электродиализа
20 меньшего размера или экономить больше энергии или сохранять большее количество двухвалентных частиц, полезных для сельского хозяйства. Концентрат имеет небольшой объем и низкий потенциал образования отложений (индекс насыщения 0,35), и при этом только 10% подаваемой воды направляют в водоотводную систему или на применение, обусловленное высокой концентрацией
25 примесей, основной из которых является катион натрия; эта часть может быть потенциально использована для получения соляной/серной кислоты, каустической соды или хлора. Кроме того, концентрат содержит относительно низкие концентрации селена и бора по сравнению, например, с концентрациями, ожидаемыми в ретентате, получаемом при обратном осмосе, и, таким образом,
30 может быть более безопасно утилизирован.

Затем, после прохождения “рыхлого” нанофильтра часть разбавленного раствора, получаемого после электродиализа, применяют для получения хозяйственной воды. Через рыхлый нанофильтр обычно не проходит 97,5% двухвалентных частиц и 10% одновалентных частиц. Исходя из параметров

разбавленного раствора, используемого в качестве исходного материала, и учитывая не прошедшие фильтр частицы, вычисленная величина TDS пермеата после прохождения нанофильтра составляет 333, то есть находится в диапазоне, приемлемом для хозяйственной воды. Если для хозяйственного использования требуются еще более низкие величины TDS, то может быть применен несколько более “плотный” нанофильтр, через который не проходит, например, до 20% или 40% или более одновалентных частиц. Поскольку нанофильтр селективно отсеивает двухвалентные частицы, SAR ретентата после нанофльтрации будет даже ниже, чем SAR подаваемого потока, который составляет 1,7, что, таким образом, позволяет полностью использовать ретентат, как таковой или в комбинации с разбавленным раствором, извлекаемым из устройства для электродиализа, в качестве воды для орошения. Выход воды, обрабатываемой в устройстве нанофльтрации, может быть определен строго на основе коэффициента безопасности, который обеспечивает снижение вероятности образования осадков в ретентате, безотносительно количества внутреннего выхода воды. Благодаря тому, что ретентат может быть полностью использован для орошения, никаких частей ретентата не отбрасывают.

Благодаря тому, что необходимо удалить лишь 70% TDS, общее потребление постоянного (прямого, англ. DC) тока системой электродиализа очень невелико – 3,653 кВт·ч/кгал (что приблизительно составляет 0,965 кВт·ч/м³) разбавленного раствора. Затраты на энергию перекачивания также невелики благодаря небольшой глубине скважин, а также благодаря тому, что система электродиализа обычно представляет собой устройство низкого давления, и нанофильтр также работает при низком давлении. Кроме того, поскольку 70% TDS удаляют до поступления воды в устройство нанофльтрации, потери осмотического давления в нанофилтре невелики.

Несмотря на то, что представленные различные иллюстративные примеры осуществления включают применение датчиков, следует понимать, что изобретение не ограничено таким применением. Изобретение включает модификации известного предприятия с целью усовершенствования одной или более систем, подсистем или компонентов и воплощения методик согласно изобретению. Таким образом, например, существующее предприятие, в частности, сельскохозяйственное предприятие или предприятие, выращивающее сельскохозяйственные культуры, может быть модифицировано для включения одной или более систем, сконструированных с возможностью предоставления воды для орошения,

хозяйственной воды или воды для орошения и хозяйственной воды в соответствии с одним или более иллюстративными примерами осуществления, раскрытыми в настоящей работе. В альтернативном варианте существующие системы и/или их компоненты или подсистемы могут быть модифицированы для воплощения одного или более аспектов изобретения.

Кроме того, также следует понимать, что изобретение относится к каждому аспекту, системе, подсистеме или методике, раскрытой в настоящем описании, и к любой комбинации двух или более аспектов, систем, подсистем или методик, раскрытых в настоящем описании, и к любой комбинации двух или более аспектов, систем, подсистем и/или способов; если такие аспекты, системы, подсистемы и методики не являются взаимоисключающими, то они включены в объем изобретения, ограничиваемый прилагаемыми пунктами формулы изобретения.

Употребление порядковых числительных “первый”, “второй”, “третий” и т.д. в пунктах формулы изобретения для определения заявляемого элемента само по себе не означает приоритета, предшествования или порядка одного заявляемого элемента по отношению к другому или временного порядка, в котором выполняются операции способа; такие обозначения применяются как указатели для отличия одного заявляемого элемента, имеющего определенное наименование, от другого элемента, имеющего такое же наименование (кроме использования первоначального термина), для различия в заявляемых элементах.

Специалистам в данной области техники должно быть понятно, что раскрытые параметры и конфигурации приведены для примера, и что реальные параметры и/или конфигурации будут зависеть от конкретного применения систем и методик согласно изобретению. Специалисты в данной области техники также могут создать или могут сконструировать после проведения не более чем обычных экспериментов эквиваленты конкретным примерам осуществления изобретения. Таким образом, следует понимать, что раскрытые примеры осуществления настоящего изобретения приведены лишь в качестве иллюстрации, и что в пределах объема прилагаемых пунктов формулы изобретения и их эквивалентов изобретение может быть воплощено образом, отличным от представленного.

В настоящем описании термин “совокупность” означает два или более объекта или компонента. Термины “включающий”, “несущий”, “имеющий” и “содержащий”, имеющиеся в описании или формуле изобретения и подобных разделах, представляют собой неограничивающие термины, т.е. означают

“включающий без ограничений”. Таким образом, использование таких терминов охватывает перечисленные после них объекты и их эквиваленты, а также дополнительные объекты. В отношении пунктов формулы изобретения только переходные фразы “состоящий из” и “по существу состоящий из” имеют 5 ограничивающее или полуограничивающее значение, соответственно. Кроме того, применение термина “хозяйственный” по отношению к воде, в частности, обработанной воде, не ограничивает объем предмета изобретения и может относиться к воде, подходящей для использования сельскохозяйственными животными, в том числе, для потребления сельскохозяйственными животными.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система обработки воды для получения хозяйственной воды и воды для орошения из соленой воды, где система включает:

5 устройство для электродиализа, включающее одну или более мембран, селективных по отношению к одновалентным ионам, и имеющее впускное отверстие, выполненное с возможностью гидравлического соединения с источником воды, подлежащей обработке, в которой концентрация растворенных солей составляет от 500 мг/л до 10000 мг/л, и также имеющее выпускное отверстие для разбавленного раствора и выпускное отверстие для концентрата;

10 устройство для нанофильтрации низкого давления, расположенное ниже по потоку относительно устройства для электродиализа и имеющее впускное отверстие, выполненное с возможностью гидравлического соединения с выпускным отверстием для разбавленного раствора, имеющимся в устройстве для электродиализа, выпускное отверстие для пермеата и выпускное отверстие для ретентата;

15 распределительную систему орошения, выполненную с возможностью гидравлического соединения с выпускным отверстием для ретентата устройства нанофильтрации и с выпускным отверстием для разбавленного раствора устройства для электродиализа; и

20 перенаправляющую систему, сконструированную с возможностью изменения количества разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа и направляемого в распределительную систему орошения, и количества разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа и направляемого в устройство нанофильтрации.

25 2. Система обработки воды по пункту 1, в которой один или оба указанных раствора: разбавленный раствор, извлекаемый из системы электродиализа, и пермеат, извлекаемый из системы нанофильтрации, подвергаются последующей обработке для удаления избытка бора.

30 3. Система обработки воды по пункту 1, дополнительно включающая систему предварительного фильтрования, находящуюся в гидравлическом соединении с источником воды, подлежащей обработке, и впускным отверстием

устройства для электродиализа и расположенную между источником воды, подлежащей обработке, и впускным отверстием устройства для электродиализа.

5 4. Система обработки воды по пункту 3, в которой система предварительного фильтрования включает по меньшей мере одно из следующих устройств: микрофильтр, осадитель, сетчатый (экранный) фильтр, микропесчаный фильтр и фильтр для крупнодисперсных частиц.

5. Система обработки воды по пункту 3, в которой перед системой предварительного фильтрования установлена система регулирования рН и система отгонки воздухом.

10 6. Система обработки воды по пункту 1, дополнительно включающая трубопровод, соединяющий гидравлическим соединением выпускное отверстие для пермеата устройства нанофильтрации с по меньшей мере одним из следующих отверстий: впускным отверстием отделения для концентрирования или впускным отверстием отделения для электродного потока устройства для электродиализа.

15 7. Система обработки воды по пункту 1, в которой выпускное отверстие для концентрата устройства для электродиализа выполнено с возможностью гидравлического соединения с впускным отверстием системы электрохимической генерации тока с целью получения одного или более из следующих продуктов: газообразного хлора, гипохлорит-иона, гидроксида натрия, серной кислоты или
20 соляной кислоты.

8. Система обработки воды по пункту 7, в которой система электрохимической генерации тока выполнена с возможностью гидравлического соединения с источником регулятора рН, сконструированного с возможностью введения регулятора рН в обрабатываемую воду.

25 9. Система обработки воды по любому из пунктов 7 или 8, дополнительно включающая устройство для умягчения воды, расположенное выше по потоку относительно впускного отверстия системы электрохимической генерации тока.

30 10. Система обработки воды по пункту 1, дополнительно включающая систему обработки пермеата, извлекаемого из устройства нанофильтрации, обеспечивающую по меньшей мере одну из следующих операций: повышение рН, понижение рН, добавление газообразного хлора или добавление гипохлорит-иона.

11. Система обработки воды по пункту 1, в которой устройство для электродиализа дополнительно включает одну или более мембран, селективных по отношению к одновалентным катионам.

5 12. Система обработки воды по пункту 11, в которой одна или более мембран, селективных по отношению к одновалентным катионам, имеет коэффициент избирательности к натрию по сравнению с кальцием, составляющий по меньшей мере приблизительно 2.

10 13. Система обработки воды по пункту 1, 11 или 12, в которой устройство для электродиализа дополнительно включает одну или более мембран, селективных по отношению к одновалентным анионам.

14. Система обработки воды по пункту 13, в которой одна или более мембран, селективных по отношению к одновалентным анионам, имеет коэффициент избирательности к хлориду по сравнению с сульфатом, составляющий по меньшей мере приблизительно 2.

15 15. Система обработки воды по пункту 1, в которой устройство для электродиализа сконструировано с возможностью получения разбавленного раствора, который имеет величину относительного показателя адсорбции натрия (SAR), составляющую менее приблизительно 10.

20 16. Система обработки воды по пункту 15, в которой устройство для электродиализа сконструировано с возможностью получения разбавленного раствора, который имеет величину SAR, составляющую менее приблизительно 5.

17. Система обработки воды по пункту 15, в которой устройство нанофильтрации сконструировано с возможностью получения ретентата, который имеет величину SAR, составляющую менее величины SAR разбавленного раствора.

25 18. Система обработки воды по пункту 15, в которой устройство нанофильтрации сконструировано с возможностью получения ретентата и пермеата, причем величина SAR ретентата меньше величины SAR пермеата.

30 19. Система обработки воды по пункту 1, в которой устройство для электродиализа сконструировано с возможностью получения разбавленного раствора, имеющего более высокое отношение содержания двухвалентных катионов, включающих магний и кальций, к содержанию одновалентных катионов,

включающих натрий, и более низкую общую концентрацию ионов, чем в обрабатываемой воде.

20. Система обработки воды по пункту 19, в которой устройство нанофильтрации сконструировано с возможностью получения ретентата, в котором
5 концентрация двухвалентных катионов превышает концентрацию двухвалентных катионов в разбавленном растворе, и концентрация одновалентных катионов составляет менее концентрации одновалентных катионов в разбавленном растворе.

21. Система обработки воды по пункту 1, дополнительно включающая контроллер, сконструированный с возможностью регулирования количества
10 разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа и направляемого в распределительную систему орошения, и количества разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа и направляемого в устройство нанофильтрации, с помощью перенаправляющей системы, где направляемое количество может составлять от 0% до 100% от
15 количества разбавленного раствора, получаемого в устройстве для электродиализа.

22. Система обработки воды по пункту 21, в которой контроллер сконструирован с возможностью регулирования количества разбавленного
раствора, направляемого в распределительную систему орошения, и количества разбавленного раствора, направляемого в устройство нанофильтрации, в
20 зависимости от необходимого относительного количества воды для орошения и хозяйственной воды.

23. Система обработки воды по пункту 1, дополнительно включающая смеситель, сконструированный с возможностью смешивания разбавленного
раствора, полученного в устройстве для электродиализа, с любым ретентатом,
25 полученным в устройстве нанофильтрации, и с возможностью получения воды для орошения, величина SAR которой составляет промежуточное значение между величиной SAR разбавленного раствора и величиной SAR ретентата.

24. Система обработки воды по пункту 1, дополнительно включающая датчик, находящийся в соединении с контроллером, где датчик сконструирован с
30 возможностью сообщения контроллеру показаний одного или более параметров одного из следующих растворов: разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа, и ретентата, извлекаемого из устройства нанофильтрации, и контроллер сконструирован с возможностью управления

перенаправляющей системой в соответствии с показаниями, полученными для одного или более параметров.

25. Система обработки воды по пункту 1, дополнительно включающая датчик, находящийся в соединении с контроллером, где датчик сконструирован с
5 возможностью сообщения контроллеру показаний одного или более параметров одного из следующих растворов: разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа, и ретентата, извлекаемого из устройства
10 нанофильтрации, и контроллер сконструирован с возможностью регулирования одного или более рабочих параметров устройства для электродиализа в соответствии с показаниями одного или более параметров.

26. Способ обработки соленой воды с целью получения хозяйственной воды и воды для орошения, который включает:

подачу воды, подлежащей обработке, в которой концентрация растворенных солей составляет от 500 мг/л до 10000 мг/л, во впускное отверстие устройства для
15 электродиализа, включающего одну или более мембран, селективных по отношению к одновалентным катионам;

обработку воды, подлежащей обработке, в устройстве для электродиализа с целью получения разбавленного раствора;

20 определение количества разбавленного раствора, которое необходимо направить в распределительную систему орошения, и количества разбавленного раствора, которое необходимо направить во впускное отверстие устройства для нанофильтрации низкого давления;

25 обработку любого разбавленного раствора, подаваемого во впускное отверстие устройства для нанофильтрации низкого давления, в устройстве нанофильтрации с целью получения пермеата и ретентата; и

смешивание любого ретентата с любым из разбавленных растворов, направляемых в распределительную систему орошения, в распределительной системе орошения.

30 27. Способ по пункту 26, дополнительно включающий подачу по меньшей мере части любого пермеата, полученного в устройстве нанофильтрации, в отделение для концентрирования устройства для электродиализа.

28. Способ по пункту 26, в котором получение разбавленного раствора в устройстве для электродиализа включает получение обработанной воды, которая имеет величину SAR, составляющую менее приблизительно 10.

5 29. Способ по пункту 28, в котором получение разбавленного раствора в устройстве для электродиализа включает получение обработанной воды, которая имеет величину SAR, составляющую менее приблизительно 5.

30. Способ по пункту 26, в котором получение ретентата в устройстве нанофильтрации включает получение обработанной воды, которая имеет величину SAR, составляющую менее величины SAR разбавленного раствора.

10 31. Способ по пункту 26, дополнительно включающий подачу по меньшей мере части разбавленного раствора в распределительную систему орошения.

32. Способ по пункту 31, в котором смешивание ретентата с разбавленным раствором, направляемым в распределительную систему орошения, включает получение воды для орошения, величина SAR которой составляет промежуточное значение между величиной SAR разбавленного раствора и величиной SAR ретентата.

15

33. Способ по пункту 30, в котором смешивание ретентата с разбавленным раствором, направляемым в распределительную систему орошения, включает получение воды для орошения, величина SAR которой составляет менее приблизительно 8, и общее количество растворенных твердых веществ превышает приблизительно 750 частей на миллион.

20

34. Способ по пункту 26, дополнительно включающий регулирование количества разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа и направляемого в распределительную систему орошения, и количества разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа и направляемого в устройство нанофильтрации, на основании величин одного или более параметров разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа, и расхода ретентата, извлекаемого из устройства нанофильтрации.

25

30 35. Способ по пункту 26, дополнительно включающий регулирование одного или более рабочих параметров устройства для электродиализа на основании одного или более параметров одного из следующих растворов:

разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа, и любого ретентата, извлекаемого из устройства нанофльтрации.

36. Способ по пункту 26, дополнительно включающий предварительное фильтрование воды, подлежащей обработке, перед подачей воды, подлежащей
5 обработке, во впускное отверстие устройства для электродиализа.

37. Способ по пункту 26, дополнительно включающий подачу пермеата, подходящего для применения в качестве хозяйственной воды, из выпускного отверстия для пермеата устройства нанофльтрации в участок использования хозяйственной воды.

10 38. Способ по пункту 26, в котором рН воды, подлежащей обработке, перед введением в устройство для электродиализа снижают таким образом, чтобы снизить концентрацию бикарбонат-ионов в обрабатываемой воде.

39. Способ по пункту 38, в котором рН снижают посредством добавления контролируемого количества либо соляной, либо серной кислоты.

15 40. Способ по пункту 39, в котором количество соляной или серной кислоты, добавляемой к воде, подлежащей обработке, определено из соотношения между рН воды, подлежащей обработке, и либо рН концентрированного водного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа, либо величины SAR разбавленного раствора, извлекаемого из устройства для электродиализа.

20 41. Способ по пункту 38, в котором воду, подлежащую обработке и имеющую пониженный рН, обрабатывают в устройстве для отгонки воздухом для удаления части растворенного или газообразного диоксида углерода перед введением воды, подлежащей обработке, в устройство для электродиализа.

25 42. Способ по пункту 26, в котором перед введением воды, подлежащей обработке, в устройство для электродиализа воду, подлежащую обработке, подвергают аэрации, после которой производят фильтрование, что приводит к частичному снижению концентрации одного или более перечисленных элементов или их соединений: железа, марганца, мышьяка или серы.

30 43. Способ по пункту 26, в котором отношение потока, вытекающего из выпускного отверстия для ретентата, к потоку пермеата, протекающему через устройство нанофльтрации, регулируют для снижения риска образования отложений веществ, растворенных в ретентате, получаемом при нанофльтрации.

44. Способ по пункту 26, в котором поток, получаемый из одного или более следующих потоков: потока пермеата, получаемого при нанофильтрации, или потока, выпускаемого из выпускного отверстия для разбавленного раствора устройства электродиализа, дополнительно обрабатывают для снижения концентрации растворенных соединений бора.

5

45. Способ по пункту 26, в котором управление и регулирование системы, включающей устройство нанофильтрации и устройство для электродиализа, осуществляют таким образом, что пермеат, извлекаемый из устройства нанофильтрации, соответствует стандартам качества для хозяйственной питьевой воды.

10

46. Способ по пункту 26, в котором концентрации растворенных соединений бора или растворенного оксида кремния или обоих этих веществ в обрабатываемой воде остаются по существу одинаковыми в концентрированном и разбавленном потоках устройства для электродиализа и ретентате или пермеате или как в ретентате, так и пермеате устройства нанофильтрации.

15

47. Способ по пункту 26, в котором управление и регулирование системы, включающей устройство нанофильтрации и устройство для электродиализа, осуществляют таким образом, что ретентат, извлекаемый из устройства нанофильтрации, разбавленный раствор, извлекаемый из устройства для электродиализа, или их комбинация отвечают требованиям к качеству воды для сельскохозяйственного назначения.

20

48. Способ по пункту 26, в котором управление и регулирование системы, включающей устройство нанофильтрации и устройство для электродиализа, осуществляют таким образом, что концентрат из устройства для электродиализа соответствует стандартам качества для воды, используемой в операциях по добыче нефти.

25

49. Способ по пункту 48, в котором перед применением в операциях по добыче нефти концентрат подвергают либо ионообменному умягчению для снижения концентрации двухвалентных катионов, либо операции регулирования pH.

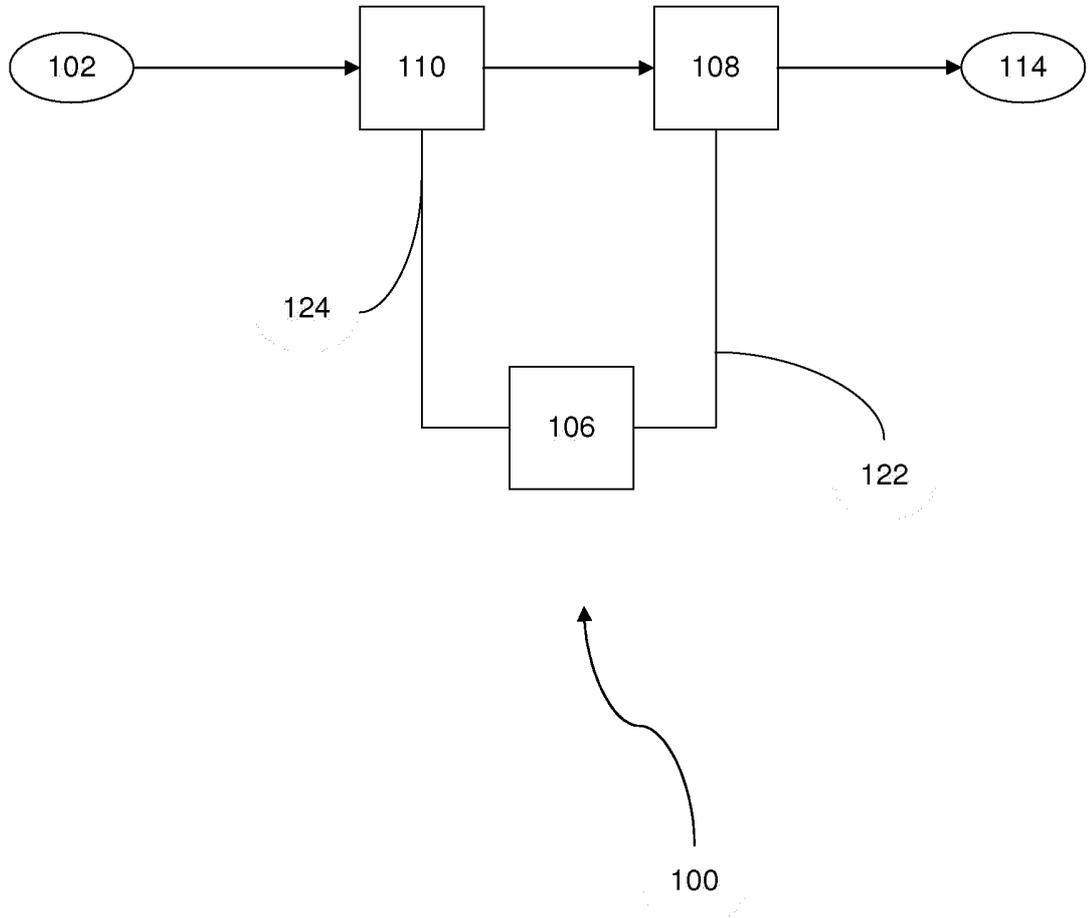
30

50. Способ по пункту 26, в котором отношение концентрации двухвалентных селенат-ионов или селенит-ионов к концентрации хлорид-ионов в концентрате, извлекаемом из устройства для электродиализа, ниже величины этого отношения в воде, подлежащей обработке.

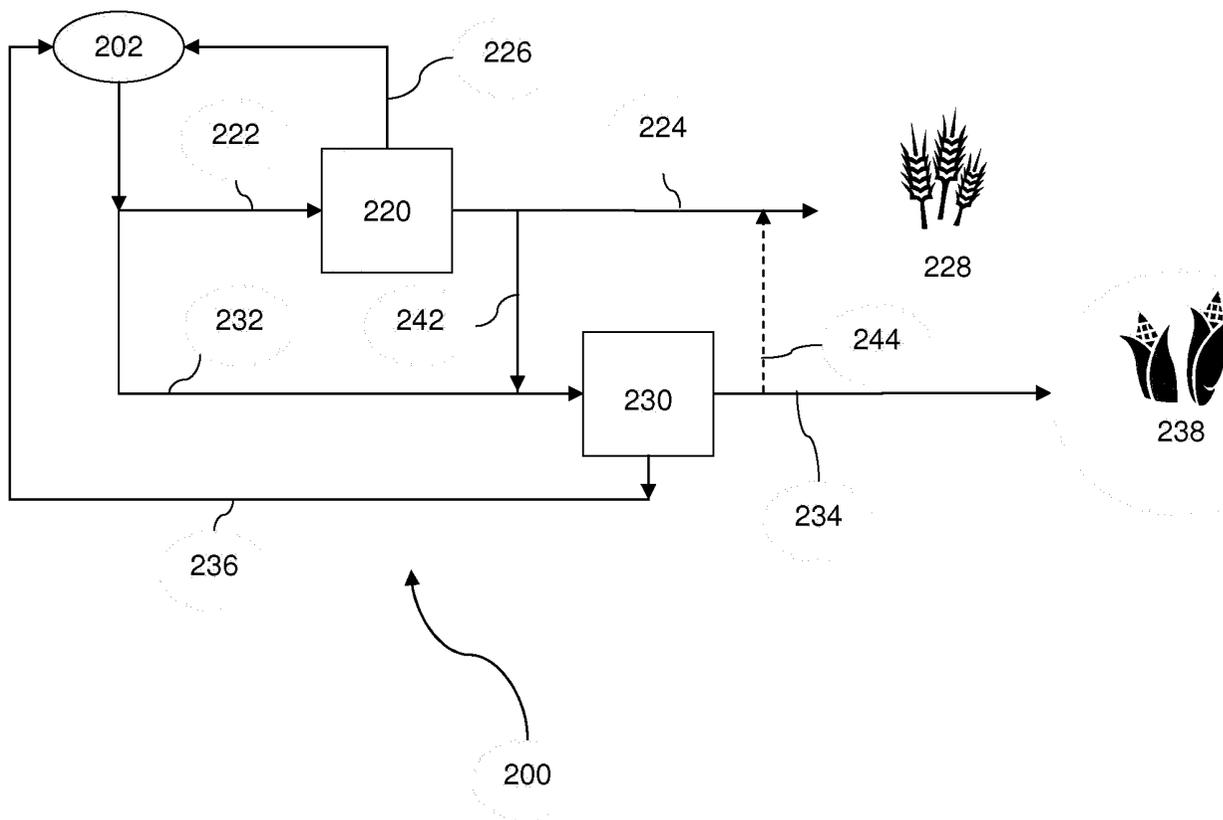
51. Способ по пункту 26, в котором отношение концентрации двухвалентных селенат-ионов или селенит-ионов к концентрации хлорид-ионов в разбавленном растворе, извлекаемом из устройства для электродиализа, ниже величины этого отношения в воде, подлежащей обработке, и отношение концентрации ионов кальция к концентрации ионов натрия в разбавленном растворе, извлекаемом из устройства для электродиализа, превышает величину этого отношения в воде, подлежащей обработке.

52. Способ по пункту 26, дополнительно включающий удаление в устройстве для электродиализа по меньшей мере приблизительно 50% нитрита, присутствующего в обрабатываемой воде.

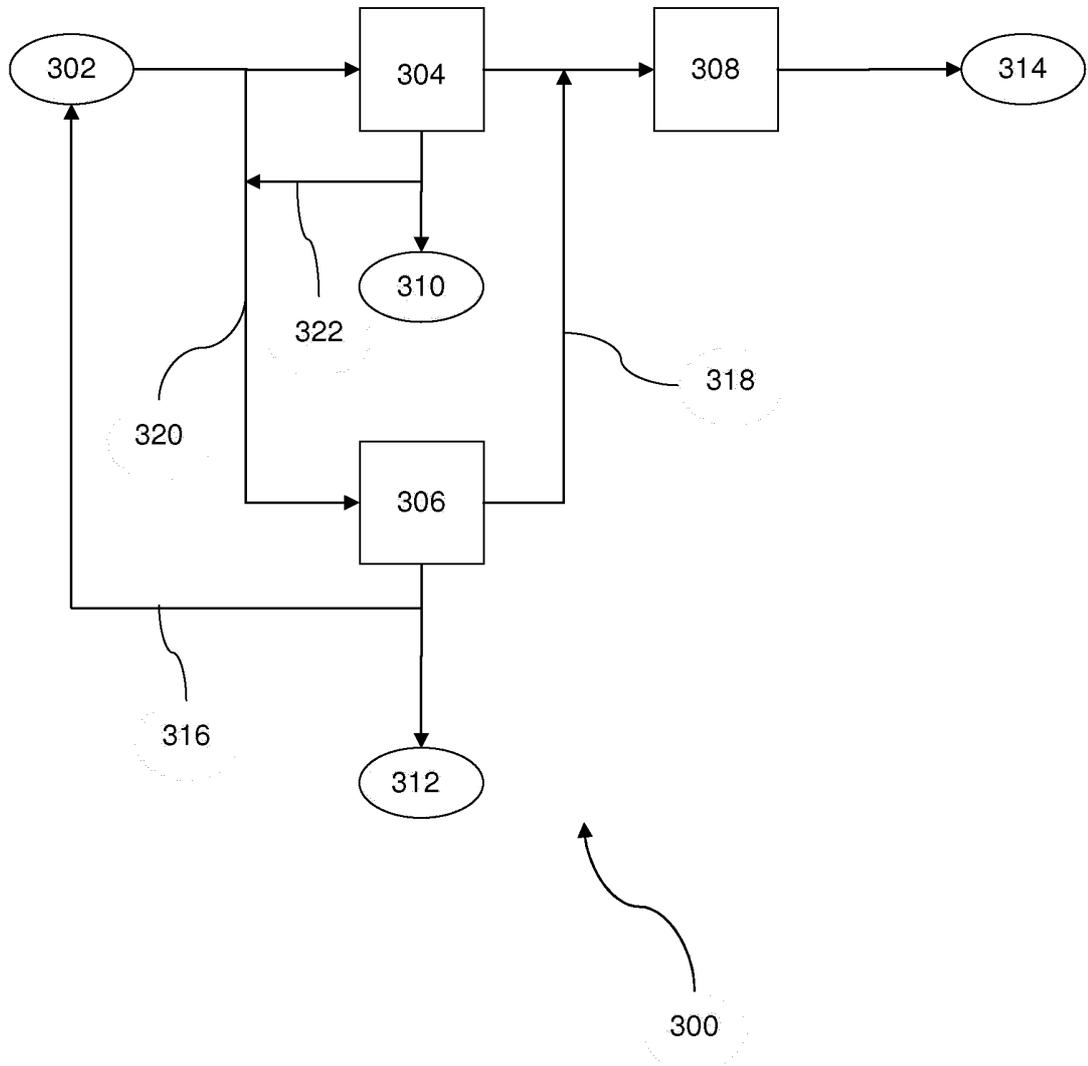
53. Способ по пункту 52, дополнительно включающий удаление в устройстве наночистоты по меньшей мере приблизительно 50% нитрата, присутствующего в разбавленном растворе, извлекаемом из устройства для электродиализа и направляемом в устройство наночистоты.



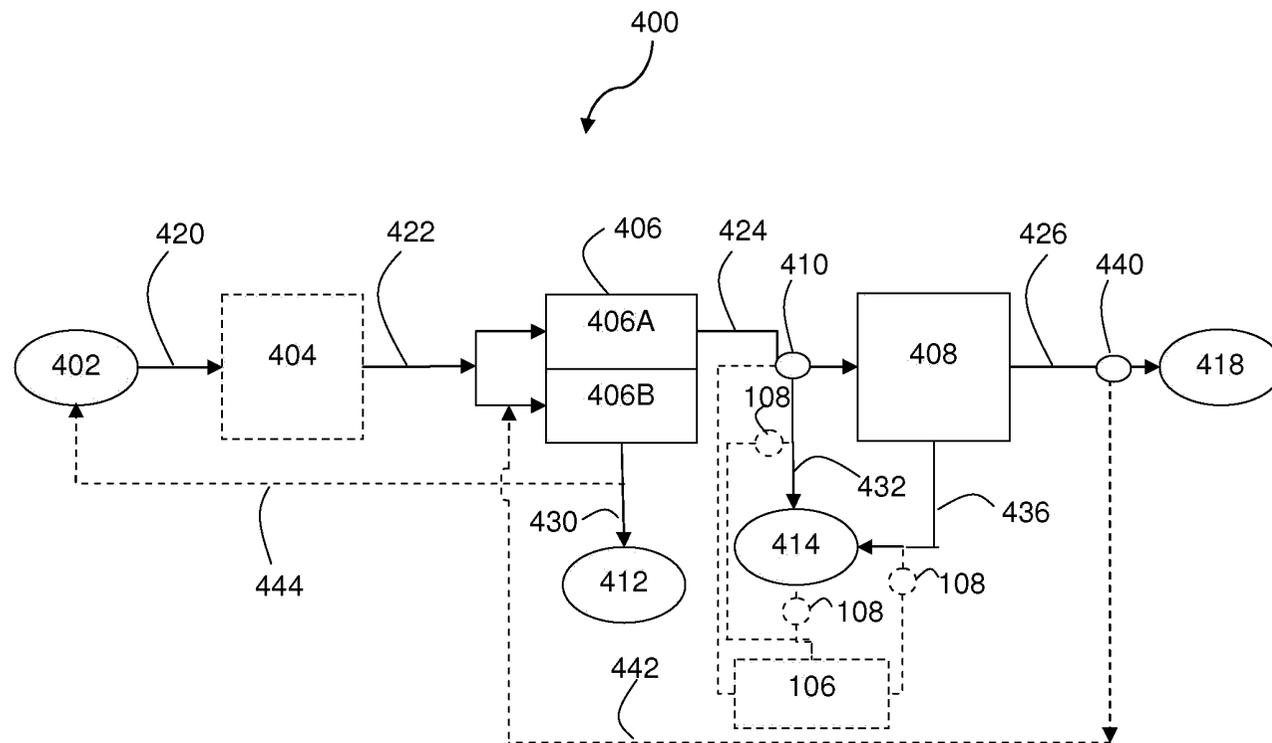
ФИГ. 1



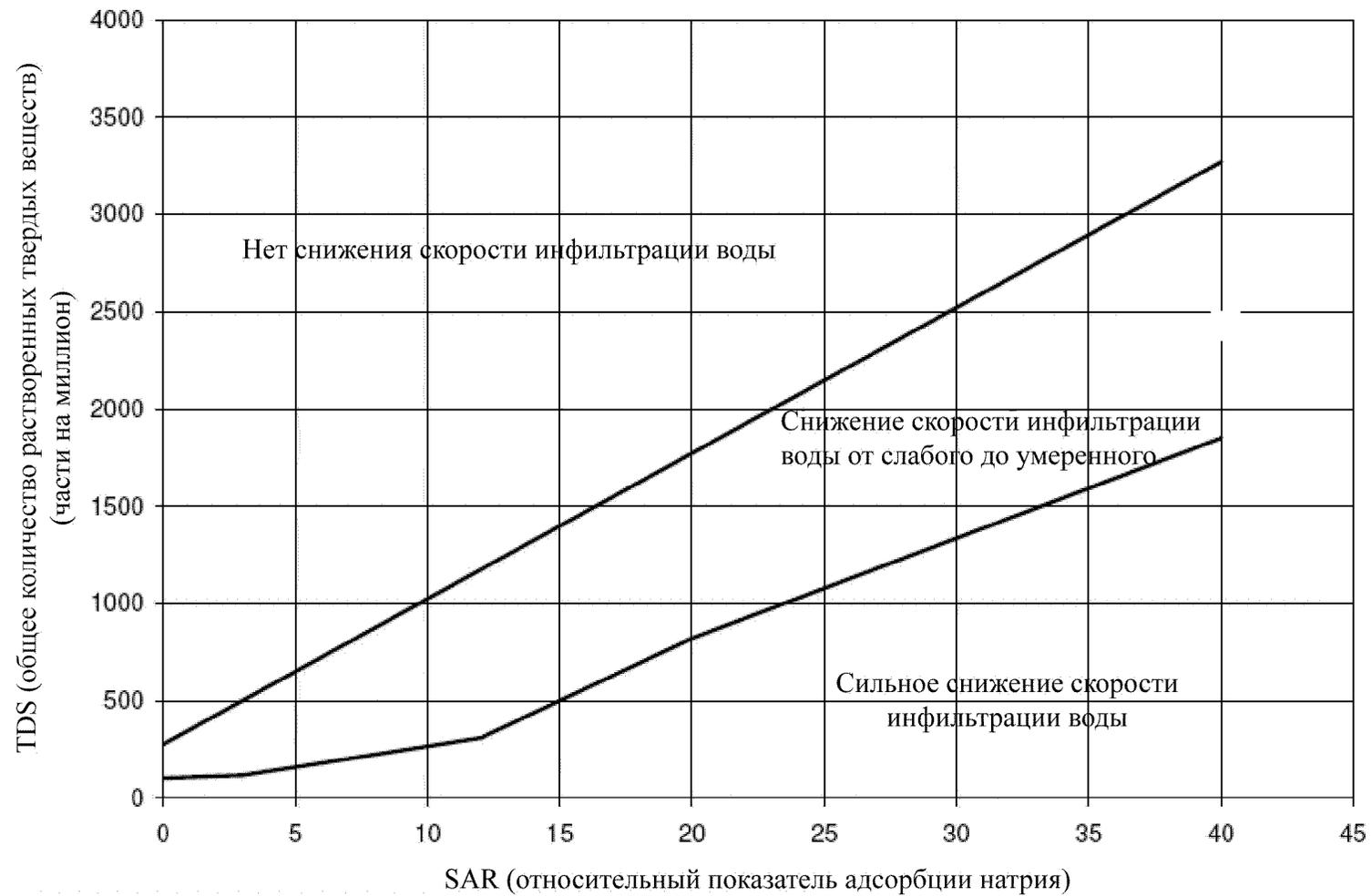
ФИГ. 2



ФИГ. 3



ФИГ. 4



ФИГ. 6