

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202092983 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2021.07.26(51) Int. Cl. C22B 26/12 (2006.01)
B22F 1/00 (2006.01)(22) Дата подачи заявки
2019.07.05

(54) СПОСОБЫ И КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ЛИТИЯ ИЗ ЖИДКИХ РАСТВОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОЧАСТИЦ

(31) 62/694,943

(72) Изобретатель:

(32) 2018.07.06

Олбрайт Роберт Л., Мейер Стэнли М.
(US)

(33) US

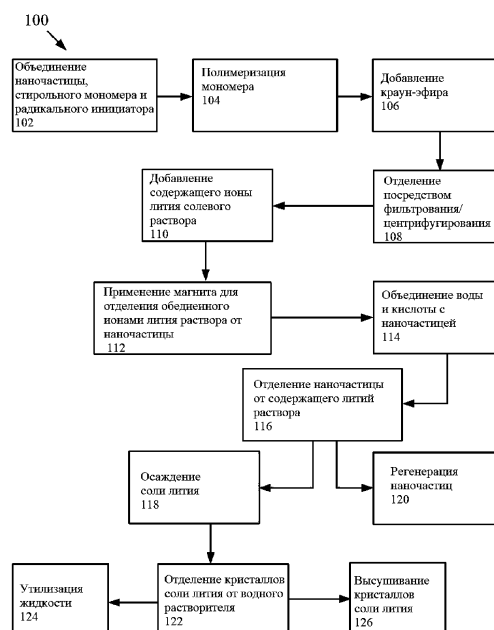
(86) PCT/US2019/040698

(74) Представитель:

(87) WO 2020/010313 2020.01.09

Гизатуллина Е.М., Угрюмов В.М.,
Христофоров А.А., Строкова О.В.,
Гизатуллин Ш.Ф., Костюшенкова
М.Ю., Лебедев В.В., Парамонова К.В.
(RU)(71) Заявитель:
МОЗЭЛЛ ТЕКНОЛОДЖИС, ЛЛС
(US)

(57) Согласно некоторым вариантам осуществления изобретение относится к способу выделения ионов лития из содержащей ионы лития жидкости, причем способ включает следующие стадии: покрытие наночастицы стирольным мономером; полимеризация стирольного мономера с образованием покрытой полистиролом наночастицы; прикрепление дибензо-12-краун-4-эфира к покрытой полистиролом наночастице с образованием адсорбирующей литий среды; воздействие адсорбирующей литий среды на содержащую ионы лития жидкость с образованием обогащенной литием адсорбирующей среды; и экстракция ионов лития из обогащенной литием адсорбирующей среды.



A1

202092983

202092983

A1

СПОСОБЫ И КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ЛИТИЯ ИЗ ЖИДКИХ РАСТВОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОЧАСТИЦ

ОПИСАНИЕ

Уровень техники настоящего изобретения

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящее изобретение относится к выделению лития из водных источников.

Литий и соли лития находят многочисленные применения в широком диапазоне, охватывающем фармацевтические, керамические, металлургические, пиротехнические и военные применения. Недавнее быстрое развитие в области возобновляемой энергии создало большой спрос на литий в целях изготовления перезаряжаемых литий-ионных аккумуляторов, применяемых, например, для портативных электронных устройств и электромобилей.

Основную долю всемирного производства лития представляет собой добыча водных солевых растворов из подземных водоемов с последующим воздействием солнечного излучения, которое приводит к испарению воды и получению соли. В настоящее время этот способ наиболее широко используется, потому что добыча литиевых руд является значительно более дорогостоящей и оказывается неэкономичной. Хотя испарение под действием солнечного излучения является менее дорогостоящим, чем непосредственная добыча литиевых руд, продукт, получаемый в результате испарения под действием солнечного излучения, не является чистым, и требуется дополнительная обработка для отделения солей лития от других солей, присутствующих в солевом растворе.

Оказывается желательным селективное извлечение солей лития из водного солевого раствора в устойчивой форме и с высокой чистотой.

Краткое раскрытие настоящего изобретения

Согласно аспекту способ включает следующие стадии: покрытие наночастицы стирольным мономером, полимеризация стирольного мономера с образованием покрытой полистиролом наночастицы и прикрепление краун-эфира к покрытой полистиролом наночастице с образованием адсорбирующей литий среды. Способ может включать воздействие адсорбирующей литий среды на содержащую ионы лития жидкость с

образованием обогащенной литием адсорбирующей среды и обедненной литием жидкости и экстракцию ионов лития из обогащенной литием адсорбирующей среды с образованием экстрагированных ионов лития и регенерированной адсорбирующей литий среды.

Согласно аспекту адсорбирующая литий среда для извлечения ионов лития из содержащей ионы лития жидкости содержит покрытую полистиролом наночастицу и краун-эфир, причем адсорбирующую литий среду получают способом, включающим следующие стадии: покрытие наночастицы стирольным мономером, полимеризация стирольного мономера с образованием покрытой полистиролом наночастицы, прикрепление краун-эфира к покрытой полистиролом наночастице с образованием адсорбирующей литий среды, воздействие адсорбирующей литий среды на содержащую ионы лития жидкость с образованием обогащенной литием адсорбирующей среды и обедненной литием жидкости и экстракция ионов лития из обогащенной литием адсорбирующей среды с образованием экстрагированных ионов лития и регенерированной адсорбирующей литий среды.

В качестве примера, наночастицы имеют площадь поверхности от приблизительно 10 квадратных метров на грамм до приблизительно 5000 квадратных метров на грамм. Наночастицы могут иметь площадь поверхности от приблизительно 10 квадратных метров на грамм до приблизительно 500 квадратных метров на грамм. Наночастицы могут содержать железный материал, такой как магнитное железо. Наночастицы могут содержать немагнитное железо. Наночастицы могут содержать железо, железо(II) и оксид железа. Краун-эфир может содержать дибензо-12-краун-4-эфир, диаза-12-краун-4-эфир, дибензо-15-краун-5-эфир, диаза-15-краун-5-эфир, дибензо-18-краун-6-эфир и диаза-18-краун-6-эфир.

Согласно аспекту способ включает отделение экстрагированных ионов лития от регенерированной адсорбирующей литий среды. Согласно некоторым вариантам осуществления обогащенную литием адсорбирующую среду магнитным способом отделяют от обедненной литием жидкости. Экстракция ионов лития из обогащенной литием адсорбирующей среды может быть осуществлена посредством обработки обогащенной литием адсорбирующей среды слабой кислотой. Слабая кислота может содержать одну или несколько кислот из угольной кислоты, уксусной кислоты, фосфорной кислоты, фтористоводородной кислоты, щавелевой кислоты и их сочетаний.

Согласно аспекту способ включает высушивание осажденной соли лития с образованием высушенной соли лития и отделение обогащенной литием адсорбирующей среды от обедненной литием жидкости посредством центрифугирования. Согласно

некоторым вариантам осуществления способ включает отделение обогащенной литием адсорбирующей среды от обедненной литием жидкости посредством центрифугирования. Полимеризация может обеспечивать предпочтительный центр прикрепления для краун-эфира посредством ограничения взаимодействия с атомами кислорода краун-эфира и наночастицы в отношении адсорбции ионов лития. Полимеризация позволяет использовать наночастицу в кислой среде и удалять ионы лития из обогащенной литием адсорбирующей среды без ограничения или с ограничением разложения наночастицы. Экстракция может включать воздействие воды, содержащей диоксид углерода, на обогащенную литием адсорбирующую среду. Экстрагированные ионы лития могут быть осаждены с образованием осажденной соли лития, причем осажденная соль лития может содержать карбонат лития, силикат лития, оксалат лития и их сочетания. Покрытие может включать добавление наночастицы в раствор, содержащий стирольный мономер и свободнорадикальный инициатор.

Согласно некоторым вариантам осуществления способ получения адсорбирующей литий среды включает следующие стадии: покрытие наночастицы стирольным мономером, полимеризация стирольного мономера с образованием покрытой полистиролом наночастицы и прикрепление дибензо-12-краун-4-эфира к покрытой полистиролом наночастице с образованием адсорбирующей литий среды.

Согласно некоторым вариантам осуществления предложена адсорбирующая литий среда для извлечения ионов лития из содержащей ионы лития жидкости. Адсорбирующая литий среда может содержать наночастицу, содержащую железо; полистирол, покрывающий поверхность наночастицы; и краун-эфир, прикрепленный к полистиролу. Железо может содержать магнитное железо, немагнитное железо их сочетания. Краун-эфир может содержать дибензо-12-краун-4-эфир, диаза-12-краун-4-эфир, дибензо-15-краун-5-эфир, диаза-15-краун-5-эфир, дибензо-18-краун-6-эфир и диаза-18-краун-6-эфир. Согласно некоторым вариантам осуществления полистирол покрывает более чем приблизительно 75% поверхности наночастицы. Согласно некоторым вариантам осуществления полистирол покрывает более чем приблизительно 95% поверхности наночастицы.

Краткое описание фигур

Некоторые варианты осуществления настоящего изобретения можно понять отчасти посредством рассмотрения настоящего изобретения и сопровождающих фигур, где:

на фиг. 1 проиллюстрирована технологическая схема способа извлечения ионов лития из содержащей ионы лития жидкости согласно конкретному примерному варианту осуществления настоящего изобретения.

Подробное раскрытие настоящего изобретения

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящее изобретение относится к способам и композициям для выделения лития из жидких растворов с применением наночастиц. Жидкие растворы могут представлять собой встречающиеся в природе источники солевых растворов. Эти способы и композиции позволяют селективно экстрагировать соли лития из солевых растворов. Солевые растворы представляют собой солевые растворы, источниками которых являются морская вода, соленые озера, приповерхностные месторождения грунтовых вод, связанные с солеными или высохшими озерами, геотермальные солевые растворы и глубоко залегающие солевые растворы из осадочных бассейнов. Например, источники солевых растворов могут представлять собой Долина Смерти, Калифорния и Аргентина. По сравнению с существующими способами экстракции селективная экстракция солей лития может иметь преимущество, заключающееся в том, что не требуется дополнительное отделение от других солей, таких как соли натрия и калия. Кроме того, описанные наночастицы могут быть регенерированы, что сокращает отходы и стоимость изготовления наночастиц. Согласно некоторым вариантам осуществления магнитные наночастицы могут желательным образом обеспечивать магнитное отделение наночастиц от солевого раствора после отделения лития от солевого раствора. По сравнению с традиционными способами фильтрации магнитное отделение наночастиц от текучей среды представляет собой преимущество, поскольку оно может быть использовано высокопроизводительным образом без закупоривания фильтров и соответствующей необходимости их замены. Магнитная частица может содержать железный материал, в том числе железный материал, находящийся в магнитном и немагнитном состоянии. Железная частица может быть экстрагирована посредством воздействия магнитного поля. Железная частица в магнитном состоянии может быть экстрагирована посредством воздействия другого железного материала и/или магнитного поля.

На фиг. 1 проиллюстрирована технологическая схема способа извлечения ионов лития из содержащей ионы лития жидкости. Как представлено на фиг. 1, способ 100 включает объединение 102 наночастицы, стирольного мономера и радикального инициатора. Указанные элементы могут быть объединены в стеклянном или

металлическом контейнере и могут быть перемешаны с применением верхнеприводной мешалки, магнитной мешалки и их сочетаний. Объединение 102 может быть осуществлено в водном растворе. Согласно некоторым вариантам осуществления объединение 102 может быть осуществлено в других растворителях, включая диэтиловый эфир, гексаны, дихлорметан, толуол, этанол, метанол, этилацетат, ацетон и их смеси. При объединении 102 наночастицы, стирольного мономера и радикального инициатора стирольный мономер покрывает поверхность наночастицы посредством межмолекулярных сил, включая силы Ван-дер-Ваальса, диполь-дипольные взаимодействия и водородные связи.

В способе 100 наночастицы могут содержать любой металл, включая железо, магнитное железо, немагнитное железо и их сочетания. Например, наночастицы могут содержать любую аллотропную модификацию, оксид железа(II), оксид железа(III) и диоксид железа. Наночастицы могут иметь площадь поверхности от приблизительно 10 квадратных метров на грамм до приблизительно 5000 квадратных метров на грамм. Предпочтительно наночастицы могут иметь площадь поверхности, составляющую приблизительно 100 квадратных метров на грамм или приблизительно 500 квадратных метров на грамм. Авторы настоящего изобретения обнаружили, что площадь поверхности от приблизительно 100 квадратных метров на грамм до приблизительно 500 квадратных метров на грамм преимущественно обеспечивает большое число центров прикрепления лития, что способствует эффективному выделению, и при этом получается наночастица такого размера, который упрощает улавливание наночастицы. Радикальный инициатор может содержать бензоилпероксид, ди-трет-бутилпероксид, источники метильных радикалов, бензоилокисильные радикалы, метилэтилкетонпероксид, ацетонпероксид, пероксидисульфатные соли, галогенпероксиды, азосоединения, такие как азобисизобутиронитрил (AIBN) и их сочетания.

Как представлено на фиг. 1, согласно некоторым вариантам осуществления способ 100 включает полимеризацию 104 мономера. Полимеризация 104 мономера включает активацию радикального инициатора, который инициирует процесс полимеризации стирольных мономеров с образованием покрытых полистиролом наночастиц.

Активация может включать нагревание или индуцирование образования радикала свободнорадикального инициатора, который инициирует полимеризацию стирольного мономера. Полимеризация может быть осуществлена в водном растворе, в том числе в воде, или в растворителе, таком как диэтиловый эфир, гексаны, дихлорметан, толуол, этанол, метанол, этилацетат, ацетон и их смеси. Согласно некоторым вариантам осуществления полистирол покрывает по меньшей мере приблизительно 75% площади

поверхности наночастиц. Авторы настоящего изобретения обнаружили, что когда степень покрытия площади поверхности наночастицы является чрезмерно низкой, стирольный мономер может свертываться и в результате этого блокировать центры, к которым может прикрепляться краун-эфир. Согласно предпочтительным вариантам осуществления полистирол покрывает по меньшей мере приблизительно 75% или предпочтительнее всю площадь поверхности наночастицы. Достаточное покрытие площади поверхности наночастиц полистиролом преимущественно обеспечивает высокую эффективность центров связывания краун-эфира. Если степень покрытия полистиролом является низкой, уменьшается число центров, которые могут связывать краун-эфир, и в результате этого уменьшается способность связывания ионов металла наночастицами. Чем выше степень покрытия наночастиц полистиролом, тем выше эффективность связывания краун-эфира на полистироле, в результате чего на наночастице создается большее число краун-эфирных центров для связывания ионов металлов.

Как представлено на фиг. 1, способ 100, включает добавление 106 краун-эфира в покрытые полистиролом наночастицы с образованием адсорбирующей ионы металлов среды, такой как адсорбирующая ионы лития среда. Краун-эфир может прикрепляться к покрытым полистиролом наночастицам таким образом, что краун-эфир может преимущественно связывать соли металлов, включая литий, натрий, калий, алюминий, цезий, магний и их сочетания. Краун-эфиры, такие как дибензо-12-краун-4-эфир, могут связываться с покрытыми полистиролом наночастицами через дибензофрагмент краун-эфира, в результате чего остается краун-эфирный фрагмент, доступный для связывания солей металлов, таких как литий. Краун-эфиры могут связываться с покрытыми полистиролом наночастицами через ковалентные связи, π -стэкинг, силы Ван-дер-Ваальса, диполь-дипольные взаимодействия и их сочетания. Согласно некоторым вариантам осуществления краун-эфир содержит дибензо-12-краун-4-эфир, диаза-12-краун-4-эфир, дибензо-15-краун-5-эфир, диаза-15-краун-5-эфир, дибензо-18-краун-6-эфир или диаза-18-краун-6-эфир. Согласно некоторым вариантам осуществления дибензо-15-краун-5-эфир и диаза-15-краун-5-эфир могут быть использованы для связывания ионов натрия. Способы и композиции, в которых применяются дибензо-18-краун-6-эфир и диаза-18-краун-6-эфир, могут быть использованы для связывания ионов калия. Добавление 106 краун-эфира в покрытые полистиролом наночастицы может быть осуществлено в водном растворе, в частности, в воде, или в растворителе, таком как диэтиловый эфир, гексаны, дихлорметан, толуол, этанол, метанол, этилацетат, ацетон и их смеси.

Как представлено на фиг. 1, способ 100 включает отделение 108 адсорбирующей ионы металла среды от растворителя и компонентов, используемых для ее получения.

Отделение 108 может быть осуществлено посредством фильтрования, центрифугирования, намагничивания и их сочетаний. После отделения 108 отделенная адсорбирующая ионы металла среда может быть промыта растворителем, содержащим воду, для удаления любого несвязанного мономера или краун-эфира. В способе 100 солевой раствор затем может быть добавлен 110 в адсорбирующую ионы металла среду, таким образом, что адсорбирующая ионы металла среда может адсорбировать ионы одного или нескольких металлов из солевого раствора с образованием обогащенной ионами металла адсорбирующей среды и обедненной металлом жидкости. Например, способ 100 включает воздействие адсорбирующей ионы лития среды с обогащенным литием солевым раствором с образованием обогащенной литием адсорбирующей среды и обедненной литием жидкости.

Согласно некоторым вариантам осуществления, если используется магнитная наночастица, способ 100 включает применение магнита 112 для отделения обедненного ионами металла раствора от магнитной обогащенной ионами металла адсорбирующей среды. Это позволяет селективно улавливать ионы желательного металла, такого как литий, с применением наночастицы от ионов других металлов, которые остаются в солевом растворе. Для удаления ионов металла из обогащенной ионами металла адсорбирующей среды адсорбирующая ионы металла среда может быть объединена 114 с раствором кислоты с образованием экстрагированных ионов металла и регенерированной адсорбирующей ионы металла среды. Например, адсорбирующая ионы лития среда может быть объединена 114 с раствором кислоты с образованием экстрагированных ионов лития и регенерированной адсорбирующей ионы металла среды. Раствор кислоты предпочтительно содержит слабую кислоту, такую как угольная кислота, уксусная кислота, фосфорная кислота, фтористоводородная кислота, щавелевая кислота и их сочетания. Хотя сильные кислоты также могут быть использованы, они могут разрушать покрытую полистиролом наночастицу и в результате этого ограничивать возможность регенерации наночастицы.

Согласно некоторым вариантам осуществления способ 100 включает отделение 116 регенерированной адсорбирующей ионы металла среды от экстрагированных ионов металла. Отделение включает фильтрование, центрифугирование, намагничивание и их сочетания. Регенерированная адсорбирующая ионы металла среда может быть регенерирована 120 несколько раз с применением циклических способов извлечения лития из одной партии содержащей ионы лития жидкости в целях удаления большего количества лития из этой партии, или может быть осуществлено удаление лития из множества партий содержащей ионы лития жидкости. Согласно некоторым вариантам

осуществления адсорбирующая ионы лития среда может быть использована для адсорбции лития из партии содержащей ионы лития жидкости на одной площадке, а затем эта среда может быть перенесена на другую площадку в целях выделения лития из полученной обогащенной литием адсорбирующей среды. Кроме того, все стадии способа 100 могут быть осуществлены на одной площадке.

Как представлено на фиг. 1, способ 100 включает осаждение 118 экстрагированных ионов металла с образованием осажденной соли металла. Например, способ 100 включает осаждение 118 экстрагированных ионов лития с образованием осажденной соли лития, причем осажденная соль лития содержит карбонат лития, силикат лития, оксалат лития и их сочетания. Для осаждения солей металлов может быть использован источник карбонатных, силикатных или оксалатных ионов. После осаждения 118 соли металлов могут быть отделены 122 от водного растворителя с применением процесса фильтрования или центрифугирования. Отделенный водный растворитель может быть подвергнут утилизации 124, а отделенные соли металлов могут быть высушены 126. Например, соли лития могут быть высушены 126 с применением нагревания, вакуума и их сочетаний. Соли лития могут быть высушены посредством прокаливания, включая процесс термической обработки при отсутствии или ограниченном присутствии воздуха или кислорода. Согласно некоторым вариантам осуществления прокаливание может оказаться преимущественным в тех случаях, когда может происходить разложение или загрязнение соли.

Согласно некоторым вариантам осуществления способ может быть использован в целях получения адсорбирующей ионы металла среды для извлечения ионов металла из содержащей ионы металла жидкости. Например, настоящее изобретение относится к адсорбирующей литий среде для извлечения ионов лития из содержащей ионы лития жидкости. Адсорбирующая ионы лития среда содержит наночастицу, содержащую ионы, причем наночастица покрыта полистиролом, и краун-эфир, прикрепленный к полистиролу. Железо представляет собой магнитное железо, немагнитное железо, оксид железа(II), оксид железа(III), диоксид железа и их сочетания. Краун-эфиры представляют собой дибензо-12-краун-4-эфир, диаза-12-краун-4-эфир, дибензо-15-краун-5-эфир, диаза-15-краун-5-эфир, дибензо-18-краун-6-эфир и диаза-18-краун-6-эфир. Адсорбирующая металл среда может селективно связывать ионы желательного металла. Селективность может быть определена следующим образом:

селективность = ((число молей ионов желательного металла) / (число молей ионов нежелательного металла)) × 100%.

Неорганические наноматериалы имеют уникальные физические свойства. В настоящей заявке обсуждается сочетание наночастиц, процедуры нанесения покрытия и применение краун-эфиров для достижения выделения лития из жидкостей. Отделение ионов лития от потоков катионов, включая катионы щелочных металлов (натрия и калия) оказывается затруднительным. Селективная функциональная кольцевая группа дибензо-12-краун-4-эфир имеет высокую селективность в отношении лития. На магнитные наночастицы наносят покрытие или оболочку из полистирола посредством полимеризации стирола на поверхности магнитных наночастиц. Полистирольное покрытие магнитных наночастиц обеспечивает прикрепление дибензо-12-краун-4-эфира через бензольные кольца краун-эфира, в результате чего циклический простой эфир становится доступным для адсорбции катиона лития.

Железную наночастицу покрывают посредством полимеризации стирольного мономера на поверхности наночастицы с последующим прикреплением посредством адсорбции бензольного кольца дибензо-12-краун-4-эфирного кольца.

Наночастицу добавляют в раствор, содержащий свободнорадикальный инициатор и стирольный мономер. Наночастица может быть отделена посредством использования магнитных свойств наночастицы или других технологий отделения частиц, таких как центрифугирование или фильтрование. Стирольный мономер затем полимеризуется с образованием покрытия на поверхности наночастиц. После этого добавляют краун-эфир в форме жидкости при температуре выше его температуры замерзания (16°C) и ниже его температуры кипения (70°C). Материал перемешивают, обеспечивая адсорбцию краун-эфира на полистирольном полимерном покрытии.

Обогащенные краун-эфиром магнитные наночастицы добавляют в жидкость, содержащую ионы лития. Они могут присутствовать в форме суспензии или твердого вещества. Покрытые краун-эфиром частицы предпочтительно адсорбируют литий из солевого раствора или жидкости. После этого наночастицы могут быть удалены из жидкого потока с использованием их магнитных свойств или промышленных технологий, таких как фильтрование или центрифугирование.

Содержащие литий наночастицы затем экстрагируют, переводя литий в раствор. В качестве экстрагирующих веществ могут быть использованы одна из нескольких кислот или вода, которая была обработана слабой кислотой, такой как угольная кислота, уксусная кислота, фосфорная кислота, фтористоводородная кислота, щавелевая кислота и их сочетания. Растворенный литий затем осаждают посредством использования карбонатных, силикатных или оксалатных ионов.

Как должны понимать специалисты в данной области техники, которые используют преимущества настоящего изобретения, другие эквивалентные или альтернативные композиции, способы и системы для выделения лития из жидких растворов с применением наночастиц могут быть разработаны без отклонения от описания, содержащегося в настоящем документе. Соответственно, вариант осуществления изобретения, которое представлено и описано в настоящем документе, следует рассматривать исключительно в качестве иллюстративного.

Специалисты в данной области техники могут производить разнообразные изменения формы, размера, числа и/или расположения компонентов или технологических стадий без выхода за пределы объема настоящего изобретения. Например, можно варьировать ряд краун-эфиров. Согласно некоторым вариантам осуществления краун-эфиры могут быть взаимозаменяемыми. Взаимозаменяемость может допускать выделение солей различных типов. Все описанные способы и технологические стадии могут быть осуществлены в сочетании с любыми другими описанными способами или технологическими стадиями и в любой последовательности согласно некоторым вариантам осуществления. Когда присутствует глагол «может», он предназначен для описания необязательного и/или допустимого условия, но его использование не предназначено для описания какого-либо недостатка работоспособности, если не указано иное условие. Когда использованы неограничительные термины, такие как «имеющий» или «содержащий», для обычного специалиста в данной области техники, использующего преимущество настоящего изобретения, должно быть понятным, что описанные признаки или стадии могут быть необязательно объединены с дополнительными признаками или стадиями. Такая возможность может не быть осуществлена и, фактически, согласно некоторым вариантам осуществления описанные системы, композиции, устройства и/или способы могут исключать любые другие признаки или стадии, помимо тех, которые описаны в настоящем документе. Неперечисленные элементы, композиции, устройства, системы, способы и технологические стадии могут быть включены или исключены, насколько это является желательным или необходимым. Специалисты в данной области техники могут производить разнообразные изменения способов получения и применения композиций и способов согласно настоящему изобретению.

Кроме того, когда представлены диапазоны, описанные конечные точки могут рассматриваться как точные и/или приблизительные значения, насколько это является желательным или необходимым согласно конкретному варианту осуществления. Когда конечные точки являются приблизительными, степень гибкости может варьироваться пропорционально порядку величины диапазона. Кроме того, согласно некоторым

вариантам осуществления может оказаться желательным комбинирование и согласование конечных точек диапазонов.

Полностью или частично способ или композиция для выделения лития из жидких растворов с применением наночастиц могут быть сконфигурированы и предназначены как пригодные для применения, подходящие для эксплуатации, взаимозаменяемые и/или сменные. Соответствующие эквиваленты и альтернативы вместе с очевидными изменениями и модификациями предназначены для включения в объем настоящего изобретения. Соответственно, приведенное выше описание предназначено в качестве иллюстрирующего, но не ограничивающего объем раскрытия, которое представлено прилагаемой формулой изобретения.

Название, реферат, уровень техники и заголовки разделов приведены в соответствии с правилами и/или для удобства чтения. В них отсутствуют допущения в отношении объема и содержания документов предшествующего уровня техники, а также отсутствуют ограничения, применимые ко всем описанным вариантам осуществления.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ выделения ионов лития из содержащей ионы лития жидкости, причем способ включает:

покрытие наночастицы стирольным мономером;

полимеризацию стирольного мономера с образованием покрытой полистиролом наночастицы; прикрепление краун-эфира к покрытой полистиролом наночастице с образованием адсорбирующей литий среды;

воздействие адсорбирующей литий среды на содержащую ионы лития жидкость с образованием обогащенной литием адсорбирующей среды и обедненной литием жидкости; и

экстракцию ионов лития из обогащенной литием адсорбирующей среды с образованием экстрагированных ионов лития и регенерированной адсорбирующей литий среды.

2. Способ по п. 1, в котором наночастица имеет площадь поверхности от приблизительно 10 квадратных метров на грамм до приблизительно 5000 квадратных метров на грамм.

3. Способ по п. 1, в котором наночастица имеет площадь поверхности от приблизительно 100 квадратных метров на грамм до приблизительно 500 квадратных метров на грамм.

4. Способ по п. 1, в котором наночастица содержит железный материал.

5. Способ по п. 4, дополнительно включающий магнитное отделение обогащенной литием адсорбирующей среды от обедненной литием жидкости.

6. Способ по п. 1, в котором наночастица содержит немагнитное железо.

7. Способ по п. 1, в котором экстракция ионов лития из обогащенной литием адсорбирующей среды включает обработку обогащенной литием адсорбирующей среды слабой кислотой.

8. Способ по п. 7, в котором слабая кислота содержит по меньшей мере одну кислоту из угольной кислоты, уксусной кислоты, фосфорной кислоты, фтористоводородной кислоты, щавелевой кислоты и их сочетаний.

9. Способ по п. 1, дополнительно включающий отделение экстрагированных ионов лития от регенерированной адсорбирующей литий среды.

10. Способ по п. 9, дополнительно включающий осаждение экстрагированных ионов лития с образованием осажденной соли лития, причем осажденная соль лития

содержит по меньшей мере одну соль из карбоната лития, силиката лития, оксалата лития, и их сочетаний.

11. Способ по п. 10, дополнительно включающий высушивание осажденной соли лития с образованием высушенной соли лития.

12. Способ по п. 1, в котором краун-эфир содержит по меньшей мере один эфир из дибензо-12-краун-4-эфира, диаза-12-краун-4-эфира, дибензо-15-краун-5-эфира, диаза-15-краун-5-эфира, дибензо-18-краун-6-эфира и диаза-18-краун-6-эфира.

13. Способ по п. 11, в котором краун-эфир содержит дибензо-12-краун-4-эфир.

14. Способ по п. 1, дополнительно включающий отделение обогащенная литием адсорбирующей среды от обедненной литием жидкости посредством центрифугирования.

15. Способ по п. 1, в котором покрытая полистиролом наночастица является настолько устойчивой, что воздействие кислой среды на покрытую полистиролом наночастицу не разрушает покрытую полистиролом наночастицу.

16. Способ по п. 1, в котором экстракция включает воздействие воды, содержащей диоксид углерода, на обогащенную литием адсорбирующую среду.

17. Способ по п. 1, в котором покрытие включает добавление наночастицы в раствор, содержащий стирольный мономер.

18. Способ по п. 1, в котором:

полимеризация включает добавление свободнорадикального инициатора в стирольный мономер, и

свободнорадикальный инициатор включает по меньшей мере одно соединение из бензоилпероксида, ди-трет-бутилпероксида, источника метильных радикалов, бензоилокисильного радикала, метилэтилкетонпероксида, ацетонпероксида, пероксидисульфатной соли, галогенпероксида, азосоединения, такого как азобисизобутиронитрил, и их сочетаний.

19. Способ получения адсорбирующей литий среды, причем способ включает:

покрытие наночастицы стирольным мономером;

полимеризацию стирольного мономера с образованием покрытой полистиролом наночастицы; и

прикрепление дибензо-12-краун-4-эфира к покрытой полистиролом наночастице с образованием адсорбирующей литий среды.

20. Адсорбирующая литий среда для извлечения ионов лития из содержащей ионы лития жидкости, причем адсорбирующая литий среда содержит:

наночастицу, содержащую железный материал;

полистирол, покрывающий поверхность наночастицы; и

краун-эфир, прикрепленный к полистиролу.

21. Адсорбирующая литий среда по п. 20, в которой железный материал содержит по меньшей мере один материал из магнитного железа, немагнитного железа и их сочетаний.

22. Адсорбирующая литий среда по п. 20, в которой краун-эфир содержит по меньшей мере один эфир из дибензо-12-краун-4-эфира, диаза-12-краун-4-эфира, дибензо-15-краун-5-эфира, диаза-15-краун-5-эфира, дибензо-18-краун-6-эфира и диаза-18-краун-6-эфира.

23. Адсорбирующая литий среда по п. 22, в которой краун-эфир содержит дибензо-12-краун-4-эфир.

24. Адсорбирующая литий среда по п. 23, дополнительно содержащая ион лития, прикрепленный к дибензо-12-краун-4-эфиру.

25. Адсорбирующая литий среда по п. 20, в которой полистирол покрывает более чем приблизительно 75% поверхности наночастицы.

26. Адсорбирующая литий среда по п. 20, в которой полистирол покрывает более чем приблизительно 95% поверхности наночастицы.

27. Адсорбирующая литий среда для извлечения ионов лития из содержащей ионы лития жидкости, причем адсорбирующая литий среда содержит покрытую полистиролом наночастицу и краун-эфир, и при этом адсорбирующую литий среду получают способом, включающим следующие стадии:

покрытие наночастицы стирольным мономером;

полимеризация стирольного мономера с образованием покрытой полистиролом наночастицы;

прикрепление краун-эфира к покрытой полистиролом наночастице с образованием адсорбирующей литий среды;

воздействие адсорбирующей литий среды на содержащую ионы лития жидкость с образованием обогащенной литием адсорбирующей среды и обедненной литием жидкости; и,

экстракция ионов лития из обогащенной литием адсорбирующей среды с образованием экстрагированных ионов лития и регенерированной адсорбирующей литий среды.

28. Адсорбирующая литий среда по п. 27, в которой наночастица содержит по меньшей мере один материал из магнитного железа, немагнитного железа и их сочетаний.

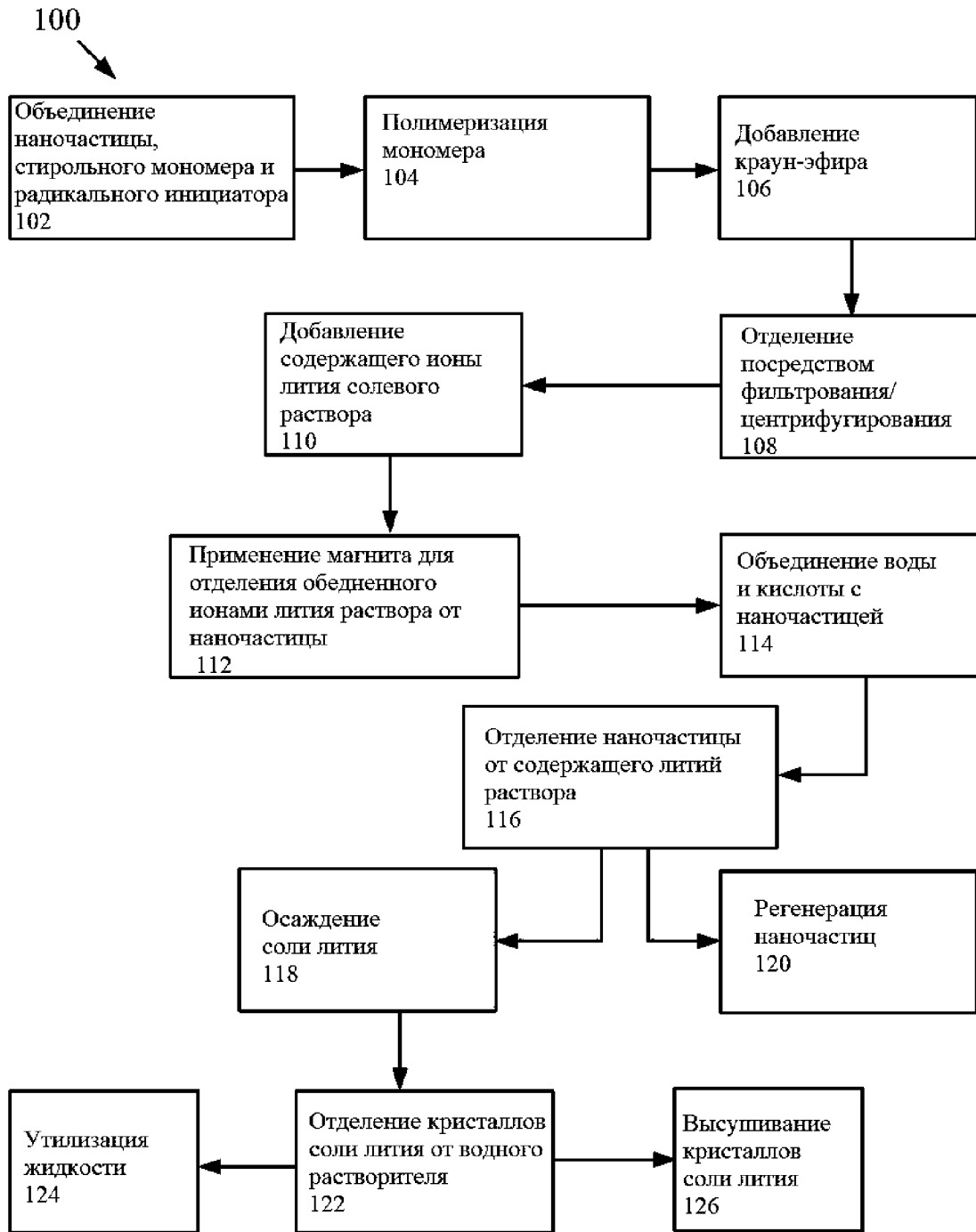
29. Адсорбирующая литий среда по п. 27, в которой краун-эфир содержит по меньшей мере один эфир из дибензо-12-краун-4-эфира, диаза-12-краун-4-эфира, дибензо-

15-краун-5-эфира, диаза-15-краун-5-эфира, дибензо-18-краун-6-эфира и диаза-18-краун-6-эфира.

30. Адсорбирующая литий среда по п. 29, в которой краун-эфир содержит дибензо-12-краун-4-эфир.

31. Адсорбирующая литий среда по п. 27, в которой полистирол покрывает более чем приблизительно 75% поверхности наночастицы.

32. Адсорбирующая литий среда по п. 27, в которой полистирол покрывает более чем приблизительно 95% поверхности наночастицы.



Фиг. 1