

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **037339**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2021.03.15**

(51) Int. Cl. **C22B 11/00** (2006.01)  
**C22B 3/00** (2006.01)

(21) Номер заявки  
**201500856**

(22) Дата подачи заявки  
**2014.03.21**

---

(54) **ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗОЛОТА ИЗ ОЧИЩЕННОГО УГЛЕРОДНОГО ОСАДКА**

---

(31) **13/858,415**

(32) **2013.04.08**

(33) **US**

(43) **2016.07.29**

(86) **PCT/US2014/031518**

(87) **WO 2014/168749 2014.10.16**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**СОТАГОЛД, ЭлЭлСи (US)**

(72) Изобретатель:  
**Арзумян Рубен, Матосян Владимир  
(AM)**

(74) Представитель:  
**Угрюмов В.М., Глухарёва А.О.,  
Гизатуллина Е.М., Гизатуллин  
Ш.Ф., Лыу Т.Н., Строкова О.В.,  
Костюшенкова М.Ю., Лебедев В.В.,  
Парамонова К.В. (RU)**

(56) **DE-A1-102011016860**

**AMANKWAH ET AL.: "Recovery of gold  
from waste activated carbon", MINERALS AND  
METALLURGICAL PROCESSING, CO, vol. 13,  
no. 3, 1 January 1996 (1996-01-01), pages 131-134,  
XP009179377, ISSN: 0747-9182, "Introduction";  
"Experimental investigation"  
JP-A-2009179873**

---

(57) В изобретении представлено извлечение золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода посредством применения режима термокинетической химической активации при низкой температуре с одновременным предотвращением стеклования примесей, присутствующих в золотосодержащем мелкодисперсном углероде.

**B1**

**037339**

**037339**

**B1**

## **Область и уровень техники изобретения**

### **Область техники изобретения**

Настоящее изобретение относится, в общем, к системе и способу извлечения золота и, в частности, к способу извлечения золота из мелкодисперсного углеродного остатка, получаемого в течение процесса, в котором золото извлекают из соответствующих руд с применением активированного крупнодисперсного углерода.

### **Уровень техники изобретения**

Способы, в которых золото извлекают из соответствующих руд с применением активированного крупнодисперсного углерода, очень хорошо известны и используются в течение ряда лет. Недостаток традиционных способов извлечения золота с применением крупнодисперсного углерода заключается в том, что в течение процесса извлечения золота размер частиц активированного крупнодисперсного углерода в конечном счете уменьшается и образуется золотосодержащий мелкодисперсный углерод, который выбрасывают в хвостах, представляющих собой отходы, вследствие очень высокой стоимости получения (или извлечения) оставшегося золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода.

Соответственно существует потребность в извлечении золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода, который вследствие своей высокой дисперсности и развитой поверхности накапливает значительное количество драгоценного металла, но сохраняет устойчивость при обработке известными способами.

### **Краткое раскрытие изобретения**

Согласно неограничительному примерному аспекту настоящего изобретения предложен способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода, включающий окисление золотосодержащего мелкодисперсного углерода с получением безуглеродного золотосодержащего остатка М.

Согласно другому неограничительному примерному аспекту настоящего изобретения предложен способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода, включающий механическую и химическую обработку золотосодержащего мелкодисперсного углерода одновременно с термической обработкой в присутствии одного или нескольких способствующих окислению соединений и одного или нескольких источников кислорода с получением безуглеродного золотосодержащего остатка М и одновременным предотвращением стеклования примесей, присутствующих в золотосодержащем мелкодисперсном углероде, которые препятствуют извлечению золота.

Эти заявленные преимущества настоящего изобретения представляют собой лишь примеры, и их не следует истолковывать как ограничивающие настоящее изобретение. Указанные выше и другие признаки, аспекты и преимущества настоящего изобретения станут очевидными для специалистов в данной области техники из следующего подробного описания предпочтительных неограничительных примерных вариантов осуществления, рассматриваемых вместе с приведенными ниже чертежами и формулой изобретения.

### **Краткое описание чертежей**

Следует понимать, что чертежи предназначены для использования исключительно в целях примерной иллюстрации, а не для ограничения пределов настоящего изобретения.

Во всем тексте настоящего описания слово "примерный" может быть использовано как означающее "служащий в качестве примера, частного случая или иллюстрации", но отсутствие термина "примерный" не означает ограничительный вариант осуществления. Любой вариант осуществления, описанный как "примерный", не следует обязательно истолковывать как предпочтительный или преимущественный по отношению к другим вариантам осуществления. На всех чертежах аналогичные условные обозначения представляют соответствующие части.

На фиг. 1 представлена схема неограничительной примерной системы извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода в соответствии с настоящим изобретением; и

на фиг. 2А и 2В представлены неограничительные примерные подробные иллюстрации системы и способа извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода в соответствии с настоящим изобретением; и

на фиг. 3А и 3В представлены неограничительные примерные схематические иллюстрации цилиндрического резервуара, представленного на фиг. 2А, включая примерный диск в соответствии с настоящим изобретением.

### **Подробное раскрытие изобретения**

Подробное описание, которое представлено ниже, в сочетании с прилагаемыми чертежами предназначено в качестве описания предпочтительных в настоящее время вариантов осуществления настоящего изобретения и не предназначено для представления исключительных форм, в которых настоящее изобретение может быть истолковано и/или использовано.

На фиг. 1 представлена схема неограничительной примерной системы извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода в соответствии с настоящим изобретением. Как проиллюстрировано на фиг. 1, настоящее изобретение предлагает систему и способ 100 извлечения золота 102 из золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104, который может образовываться в традиционном способе 106 извлечения золота с применением из крупнодисперсного углерода. Настоящее изобретение

предлагает систему и способ низкотемпературной газификации 108 углеродных соединений (углеродных частиц) золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104 с получением безуглеродного золотосодержащего остатка 110, где золото извлекают из безуглеродного золотосодержащего остатка 110 любыми хорошо известными традиционными способами 106 извлечения золота. Неограничительные неисключительные примеры традиционных способов 106 извлечения золота могут включать, в том числе, выщелачивание золота с одновременной адсорбцией металла из пульпы активированным углем (CIL), выщелачивание золота цианистыми растворами с последующей адсорбцией металла из нефильтованной пульпы гранулированным активированным углем (CIP) и т.д. В хорошо известных способах использован хорошо известный технологический процесс цианирования золота для извлечения золота из руды с последующим применением обычного способа CIP или CIL для заключительного извлечения выщелоченного золота.

Низкотемпературная газификация 108 углеродных соединений (углеродных частиц) золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104 включает насыщение золотосодержащего мелкодисперсного углерода кислородом и последующее окисление углеродных частиц насыщенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода с получением безуглеродного золотосодержащего остатка 110 следующим образом:



где С представляет собой углерод, О представляет собой кислород. После этого золото может быть извлечено из безуглеродного золотосодержащего остатка 110 хорошо известными традиционными способами 106 извлечения золота.

Следует отметить, что золотосодержащий мелкодисперсный углерод 104 обычно включает графитоподобные структуры, которые представляют собой смеси оксидов, силикатов и карбонатов Na, K, Si и других элементов (SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и т.д.), что увеличивает их механическую структурную прочность и повышает их сопротивление химической реакции (окислению). В традиционных способах может быть применено воздействие тепловой энергии на высоких уровнях, такое как термическое воздействие высокой температуры (превышающей приблизительно 650°C), для принудительного выжигания углеродных частиц золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104. Однако применение высокой температуры (превышающей 650°C) для принудительного выжигания углеродных частиц обычно приводит к стеклованию графитоподобных структур золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104. В результате этого любое золото в составе золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104 инкапсулирует или покрывает стеклообразная пленка (или слой), что предотвращает дальнейшее извлечение золота. Соответственно настоящее изобретение предлагает систему и способ 100, которые допускают окисление углеродных частиц золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104 при низких температурах, что преодолевает затруднения, связанные с любым потенциальным стеклованием графитоподобных структур золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104. Как подробно описано ниже, настоящее изобретение предлагает режим термокинетической химической активации для осуществления низкотемпературного окисления (процесса газификации 108) углеродных соединений (углеродных частиц) золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104 с получением безуглеродного золотосодержащего остатка 110.

На фиг. 2А и 2В представлены неограничительные примерные подробные иллюстрации системы и способа извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода в соответствии с настоящим изобретением. Как подробно проиллюстрировано и описано ниже, режим термокинетической химической активации согласно настоящему изобретению увеличивает скорость газификации углеродных частиц золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104 и включает механическую обработку и одновременную термическую обработку (при температуре, составляющей менее чем 650°C) золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104 в присутствии способствующих окислению соединений и источников кислорода (легирующих веществ). Обычно, как подробно описано ниже, механическая обработка золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104 увеличивает площадь поверхности и концентрацию дефектов содержащихся в нем графитоподобных кристаллических структур, и одновременное применение тепловой энергии интенсифицирует процесс окисления в присутствии способствующих окислению соединений и источников кислорода (легирующих веществ).

Как проиллюстрировано на фиг. 2А, перед применением режима термокинетической химической активации согласно настоящему изобретению золотосодержащий мелкодисперсный углерод 104 сначала насыщают кислородом с применением водного раствора реагента 202, который, как правило, содержит одно или несколько способствующих окислению соединений, смешанных с одним или несколькими источниками кислорода в воде. Неограничительные неисключительные примеры одного или нескольких способствующих окислению соединений могут представлять собой сложные оксиды, но предпочтительно гидроксиды щелочных металлов, и в качестве источников кислорода могут служить разнообразные обогащенные кислородом легирующие вещества. В качестве неограничительных неисключительных примеров обогащенных кислородом легирующих веществ могут быть выбраны нитраты (например, KNO<sub>3</sub>, NaNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>), персульфаты (например, K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>), перманганаты (например, KMnO<sub>4</sub> или другие).

Как правило, гидроксиды щелочных металлов упрощают процесс окисления посредством следующих хорошо известных реакций:

образование фенолятных групп, которые деформируют и разрушают связи между атомами углерода (С-С);

изомеризация фенолятных групп углеродных производных с образованием карбонатов и переносом заряда;

образование интеркалятов, которые упрощают проникновение кислорода ( $O_2$ ) в межслоевое пространство с образованием оксида графита; и

образование интеркалятов калия с оксидом графита, в котором атомы углерода находятся в орбитальной конфигурации  $sp^3$ , что способствует деструктивному окислению полициклических природных структур с разрывом связей С-С вдоль периферических областей графита и основных областей, что значительно ускоряет процесс окисления.

Получение водного раствора реагента 202 включает растворение заданного количества гидроксидов щелочных металлов в воде и последующее добавление кислородсодержащих легирующих веществ в водный раствор гидроксидов щелочных металлов с получением водного раствора реагента 202. Затем следует добавление золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104 в водный раствор реагента 202 в процессе перемешивания водного раствора реагента в смесителе 204 для насыщения золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104 кислородом с образованием золотосодержащего мелкодисперсного углерода, который насыщен кислородом.

Как правило, в качестве неограничительного примера, можно смешивать приблизительно 1 кг золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104 и от приблизительно 0,1 до приблизительно 0,3  $dm^3$  водного раствора реагента 204 с образованием обогащенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208. Неограничительные примерные концентрации гидроксидов щелочных металлов в смеси 204 могут составлять от приблизительно 0,05 до приблизительно 0,5% в расчете на 100 мас.% золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104, и содержащиеся обогащенные кислородом легирующие вещества могут составлять от приблизительно 0,1 до приблизительно 1% в расчете на 100 мас.% золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104. Как правило, неограничительная примерная продолжительность смешивания 204 составляет от приблизительно 10 до приблизительно 20 мин (предпочтительно 15 мин) при температуре, составляющей приблизительно  $20 \pm 10^\circ C$  (предпочтительно  $25^\circ C$  ( $\pm 5^\circ C$ )), что представляет собой комнатную температуру окружающей среды).

Как правило, в традиционных способах 106 извлечение золота с применением крупнодисперсного углерода (например, при цианировании золота) используют раствор на водной основе в качестве среды для процесса извлечения золота, и, следовательно, в большинстве случаев получаемый в результате золотосодержащий мелкодисперсный углерод 104 отсеивают, отфильтровывают или удаляют из основного процесса в составе смешанного раствора на водной основе. Обычно (необязательно) оказывается предпочтительным, если золотосодержащий мелкодисперсный углерод 104 отделяют 206 от раствора на водной основе перед обработкой способами согласно настоящему изобретению по той простой причине, что фактическое количество собираемого золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104 занимает значительно меньшее пространство для хранения перед последующей обработкой, чем весь смешанный раствор на водной основе, который содержит золотосодержащий мелкодисперсный углерод 104. Необязательная стадия фильтрации, удаления или отделения 206 золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104 от раствора на водной основе может быть осуществлена хорошо известными разнообразными способами, неограничительные примеры которых могут включать простой способ осаждения, в котором золотосодержащий мелкодисперсный углерод 104 осаждают и собирают на дне сборного резервуара, а затем удаляют или отделяют. Другой очень простой способ отделения представляет собой простое выдерживание водного раствора для испарения воды с получением золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104, пригодного для смешивания 204.

Как дополнительно проиллюстрировано на фиг. 2А, насыщенный кислородом золотосодержащий мелкодисперсный углерод 208 в режиме термокинетической химической активации затем вводят в процесс низкотемпературного окисления (процесс газификации 108) углеродных соединений (углеродных частиц). Как указано выше, режим термокинетической химической активации включает механическую обработку и одновременную термическую обработку обогащенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208, в результате чего происходит химическая активация (окисление) углеродных частиц с образованием безуглеродного золотосодержащего остатка 110 без стеклования примесей, присутствующих в золотосодержащем мелкодисперсном углероде 104.

Как правило, механическую обработку насыщенного золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208 осуществляют для увеличения его площади поверхности, увеличения концентрации дефектов кристаллической структуры графита и удаления диффузионного шлейфа в течение химической реакции, который может образовываться посредством измельчения насыщенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208 до частиц малого размера, составляющего менее чем 100 мкм, предпочтительно до приблизительно от 50 до 60 мкм. Диффузионный шлейф представляет собой результат оста-

точной пленки, слоя или покрытия на поверхности оставшегося насыщенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208 вследствие дополнительного измельчения и термического воздействия. Диффузионный шлейф представляет собой сопротивление или замедление проникновения газообразного кислорода и тепла в остаточный насыщенный кислородом золотосодержащий мелкодисперсный углерод 208. Таким образом, диффузионный шлейф препятствует газификации углеродных частиц насыщенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208 и удаляется посредством осуществления механического движения измельчающих шариков 218, сталкивающихся с мелкодисперсным углеродом 208. Другими словами, остаток, который образует диффузионный шлейф, механически удаляется, когда измельчающие элементы 218 вступают в контакт с насыщенным кислородом золотосодержащим мелкодисперсным углеродом 208 для дополнительного измельчения насыщенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208.

Как правило, одновременная термическая обработка в режиме термокинетической химической активации (одновременно по отношению к механической обработке) может включать нагревание насыщенного золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208 до температуры, составляющей менее чем  $650^{\circ}\text{C}$ , предпочтительно до приблизительно  $500\pm 50^{\circ}\text{C}$  (для предотвращения стеклования) в течение заданного времени (составляющего приблизительно от 4 до 4,5 ч). Химическая активация происходит, когда источники кислорода (легирующие вещества, добавляемые в водный раствор реагента 202) активно выделяют кислород при соответствующей температуре и механической активации в пределах дефектных областей углерода (вследствие механической обработки), в результате чего происходит окисление (газификация) графитоподобных фрагментов углеродных частиц в составе золотосодержащего мелкодисперсного углерода.

Как дополнительно проиллюстрировано на фиг. 2А, обработка насыщенного золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208 в режиме термокинетической химической активации включает применение вращающейся обжиговой печи-мельницы 210 в соответствии с настоящим изобретением для окисления углерода. Вращающаяся обжиговая печь-мельница 210 согласно настоящему изобретению содержит вращающийся корпус 212, который имеет зону измельчения 214, в которой обогащенный кислородом золотосодержащий мелкодисперсный углерод 208 измельчают до частиц малого размера, составляющего менее чем 100 мкм (предпочтительно 50 до 60 мкм), причем зона измельчения 214 содержит источник тепла 216 (электрический или топливный) для применения тепловой энергии в целях производства тепла при температуре, составляющей приблизительно от  $450$  до  $550^{\circ}\text{C}$ , в течение достаточного времени (составляющего приблизительно от 4 до 4,5 ч) для превращения насыщенного золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208 в безуглеродный золотосодержащий остаток 110. Как правило, механическое измельчение насыщенного золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208 приводит к нерегулярным твердым структурам, которые служат для увеличения скорости или степени окисления углерода (увеличения реакционной способности). Золото может быть извлечено из остатка 110 хорошо известными традиционными способами 106 извлечения золота (фиг. 2В).

Как дополнительно проиллюстрировано на фиг. 2А, вращающийся корпус 212 вращающейся обжиговой печи-мельницы 210 согласно настоящему изобретению содержит измельчающие элементы (или измельчающие шарики) 218, которые свободно движутся в пределах зоны измельчения 214 вращающегося корпуса 212 для дробления и измельчения насыщенного золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208. Вращающийся корпус 212 содержит цилиндрический резервуар, который имеет центральную продольную ось вращения 220, вокруг которой вращается вращающийся корпус 212. Цилиндрический резервуар имеет впускной конец (или загрузочную камеру) 222 и выпускной конец (разгрузочную камеру) 224, которые поддерживает набор вращательных механизмов 226, которые вызывают вращение цилиндрического резервуара 212 вокруг центральной продольной оси вращения 220. Как правило, вращательный механизм 226 может содержать хорошо известные элементы, такие как ролики, моторы и т. д., которые упрощают вращение корпуса 212. Всю вращающуюся обжиговую печь-мельницу 210 может поддерживать основание 228 под небольшим углом наклона, причем сторона впуска находится на более высоком уровне, чем сторона выпуска.

Как показано выше, цилиндрический резервуар 212 вращающейся обжиговой печи-мельницы 210 содержит внутри себя измельчающие элементы 218, которые свободно движутся и удерживаются в пределах перегородчатой секции (зоны измельчения) 214 цилиндрического резервуара 212 посредством набора перегородок 230 и 232. Перегородки 230 и 232 содержат дискообразные структуры (наилучшим образом проиллюстрированные на фиг. 3А и 3В), имеющие по меньшей мере одно отверстие 234 и соединенные с внутренней поверхностью цилиндрического резервуара 212 разнообразными способами, включая, например, сварное соединение дисков 230 и 232 с внутренней поверхностью цилиндрического резервуара 212. Как правило, диаметр 306 отверстия 234 дискообразных структур 230 и 232 имеет достаточный размер, который допускает прохождение насыщенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208 при одновременном удерживании измельчающих шариков 218 внутри перегородчатой секции 214. Другими словами, часть 302 твердого корпуса дискообразных структур 230 и 232 имеет достаточную высоту 304, чтобы препятствовать выходу измельчающих элементов (или шариков) 218 за пределы перегородчатой секции 214. Для этой цели измельчающие шарики 218 имеют достаточ-

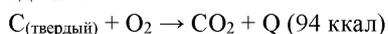
ную массу, которая не позволяет им преодолевать высоту 304 дисков 230 и 232 в течение вращения цилиндрического резервуара 212 (в процессе которого измельчающие шарики 218 движутся внутри перегородчатой камеры 214). Оказывается предпочтительным, если перегородки 230 и 232 соединены с внутренней поверхностью цилиндрического резервуара 212 в такой ориентации, которая обычно является перпендикулярной по отношению к центральной продольной оси вращения 220, причем отверстие 234 находится в центре дисков 230 и 232. Следует отметить, что диски 230 и 232 не должны обязательно иметь единственное отверстие, но могут иметь множество меньших отверстий, образующих решеткоподобную структуру, вместо единственного отверстия 234, причем диаметры отверстий решетки являются достаточно малыми, чтобы по-прежнему препятствовать выходу измельчающих элементов 218 из перегородчатой камеры 214. В качестве альтернативы, отверстие 234 может быть эксцентрическим (смещенным от центра) при том условии, что корпус 302 дисков 230 и 232 продолжает удерживать измельчающие элементы 218 внутри перегородчатой камеры 214.

Снова рассмотрим фиг. 2А, где цилиндрический резервуар 212 вращающейся обжиговой печи-мельницы 210 вращается вокруг своей оси 220 (диски 230 и 232, приваренные к его внутренней поверхности, также вращаются), измельчающие шарики 218 движутся внутри перегородчатой камеры 214, измельчая обогащенный кислородом золотосодержащий мелкодисперсный углерод 208, и, следовательно, обеспечивают требуемое механическое воздействие (измельчение) в режиме термокинетической химической активации согласно настоящему изобретению. Одновременно тепло при температуре, составляющей приблизительно  $500 \pm 50^\circ\text{C}$ , также поступает от источника тепла 216, обеспечивая требуемую термохимическую активацию в режиме термокинетической химической активации согласно настоящему изобретению для газификации обогащенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208.

Как проиллюстрировано на фиг. 2А, обогащенный кислородом золотосодержащий мелкодисперсный углерод 208 поступает во вращающуюся обжиговую печь-мельницу 210 через выпуск 236 и перемещается в первую зону или камеру 238 посредством шнека 240 через выпускной конец (или загрузочную камеру) 222. Первую зону или камеру 238 можно рассматривать как зону первоначального высушивания, внутри которой обогащенный кислородом золотосодержащий мелкодисперсный углерод 208 в существенной степени высушивают под действием тепла при термической обработке, которую обеспечивает источник тепла 242 (электрический или топливный), при температуре, составляющей приблизительно  $200^\circ\text{C}$ , в течение достаточного времени (составляющего приблизительно 0,5 ч) для удаления влаги в существенной степени (в целях испарения воды). Следует отметить, что процесс нагревания, который осуществляется при  $200^\circ\text{C}$ , также способствует окислению углерода. После этого в существенной степени высушенный обогащенный кислородом золотосодержащий мелкодисперсный углерод 208 пропускают через отверстие 234 первого диска 230 и в зону измельчения 214.

Как дополнительно проиллюстрировано на фиг. 2А, цилиндрический резервуар 212 дополнительно содержит зону заключительного окисления 244, в которой продолжается воздействие тепловой энергии в форме тепла при температуре, составляющей приблизительно 450 до  $550^\circ\text{C}$ , которую обеспечивает источник тепла 246 (электрический или топливный), в течение заданного времени, составляющего от приблизительно 1 до приблизительно 1,5 ч, где безуглеродный золотосодержащий остаток 110 выводят через выпускной конец (разгрузочную камеру) 224, собирают и обрабатывают для извлечения золота 102, осуществляя традиционный процесс 106 извлечения золота. Большинство газов (включая водяной пар) выпускают через выпускную трубу 250.

Как правило, любая одна или несколько из следующих некаталитических химических реакций (газификация) могут происходить (или одновременно происходить) в любой одной или нескольких из перегородчатых зон 238, 214 и 244 с участием углеродных частиц обогащенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208:



в результате чего образуется безуглеродный золотосодержащий остаток 110, где С представляет собой углерод, О представляет собой кислород, Н представляет собой водород, Q представляет собой энергию (при этом "+Q" означает экзотермическую реакцию, и "-Q" означает эндотермическую реакцию). Представленные выше реакции можно обобщить следующим образом: твердое вещество + газ  $\rightarrow$  газообразные продукты + безуглеродный золотосодержащий остаток 110. Следует отметить, что вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) образуется в результате смешивания 204 золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104 и водного раствора реагента 202, где образуется насыщенный кислородом золотосодержащий мелкодисперсный углерод 208.

В таблице примеры описанного выше режима термокинетической химической активации в соответ-

ствии с настоящим изобретением представлены в табличной форме.

| Номер партии | Перегородчатая камера 214<br>Режим (температура и время) | Потеря массы, % | Выход золота, % |
|--------------|--|-----------------|-----------------|
| 1            | От 350°C до 370°C и 3 часа                               | 23              | 85,4            |
| 2            | От 400°C до 450°C и 4 часа                               | 22,4            | От 89 до 90     |
| 3            | От 450°C до 500°C и 4 часа                               | 24              | От 91 до 92     |
| 4            | От 500°C до 520°C и 4,5 часа                             | 25              | От 97 до 98     |

Для примеров, представленных выше в таблице, была использована единственная партия золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104, которую разделяли на четыре меньшие и практически равные партии, причем каждую меньшую партию обрабатывали отдельно. Следует отметить, что партия № 2 содержала меньшее количество золотосодержащего мелкодисперсного углерода 104, и, следовательно, в этом заключается причина меньшей потери массы. Тем не менее, процентный выход золота для этой партии № 2 составляет приблизительно 89 до 90% и превышает выход золота для первой партии вследствие более высокой температуры и большей продолжительности обработки в процессе термокинетической химической активации.

Как показано в приведенной выше таблице, чтобы получить наиболее высокий процентный выход золота (партия № 4), оптимальная температура и время для средней перегородчатой камеры или зоны 214 составляют приблизительно от 500 до 520°C и приблизительно 4,5 ч соответственно, что создает потерю массы, составляющую приблизительно 25% (газификация углерода) и выход золота, составляющий приблизительно от 97 до 98%. Оптимальная температура и время (партия № 4) для первой перегородчатой камеры 238 составляют приблизительно 200°C и приблизительно 0,5 ч соответственно, и оптимальная температура и время (партия № 4) для работы заключительной перегородчатой камеры 244 составляют приблизительно от 500 до 520°C и приблизительно 1 ч соответственно. Другими словами, полное оптимальное время работы (партия № 4) в процессе термокинетической химической активации в соответствии с настоящим изобретением составляет приблизительно 6 ч. Следует отметить, что хотя полный процесс оптимально происходит в течение приблизительно 6 ч, вторая зона 214 предпочтительно имеет минимальное время обработки, составляющее приблизительно от 4 до 4,5 ч, а остальное время делят между собой две другие зоны 238 и 244, причем предпочтительно зона 238 работает в течение приблизительно 0,5 ч и зона 244 работает в течение приблизительно 1,5 ч.

Скорость (и количество) насыщенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208, который вводят во вращающуюся обжиговую печь-мельницу 210, а также скорость (и количество) насыщенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208, который обрабатывают в каждой перегородчатой камере или зоне 238, 214 и 244, зависят от множества факторов, включая размеры вращающейся обжиговой печи-мельницы 210.

Как правило, время  $\tau_1$ , которое расходует любое другое соединение или вещество для входа, прохождения и выхода из хорошо известной традиционной вращающейся обжиговой печи средних размеров (в которой отсутствует перегородка и зона измельчения) является значительно короче (менее 4 ч) и определяется следующей формулой:

$$\tau_1 = 0,19L/nSD,$$

в которой L представляет собой полную аксиальную длину цилиндрического резервуара традиционной вращающейся обжиговой печи, n представляет собой число оборотов в минуту, S представляет собой наклон (или скат) цилиндрического резервуара (в котором сторона впуска находится на более высоком уровне, чем сторона выпуска) и D представляет собой внутренний диаметр цилиндрического резервуара. Соответственно специалисты в данной области техники понимают, что время  $\tau_1$  обработки вещества в традиционной вращающейся обжиговой печи является недостаточным и, следовательно, должно быть увеличено или продлено до некоторого другого времени  $\tau_2$ , составляющего, например, не менее чем приблизительно 4 ч, что требуется для завершения режима термокинетической химической активации согласно настоящему изобретению. Таким образом, настоящее изобретение предлагает модифицировать традиционную вращающуюся обжиговую печь в проиллюстрированную вращающуюся обжиговую печь-мельницу 210, используя дисковые перегородки 230 и 232, которые увеличивают время прохождения насыщенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208 через цилиндрический резервуар 212 до предпочтительного времени, составляющего приблизительно 6 ч, и это означает, что  $\tau_2 > \tau_1$ . Соответственно дисковые перегородки 230 и 232 служат для содержания измельчающих элементов 218 внутри перегородчатой камеры 214 (как показано выше), а также служат для увеличения времени прохождения насыщенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208 по всей аксиальной длине L цилиндрического резервуара 212. В проиллюстрированной примерной вращающейся обжиговой печи-мельнице 210 в соответствии с настоящим изобретением, используемой для экспериментов, описанных выше в таблице, неограничительные примерные размеры могут быть представлены следующим образом.

| Перегородчатая камера 238 |                          | Перегородчатая камера 214 |                         | Перегородчатая камера 244 |                          |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| L1 = 0,5 м                | V1 = 0,15 м <sup>3</sup> | L2 = 4 м                  | V2 = 1,2 м <sup>3</sup> | L3 = 1,5 м                | V3 = 0,45 м <sup>3</sup> |

Как правило, высота 304 (фиг. 3А и 3В) корпуса 302 дисков 230 и 232 создает барьер, который определяет максимальное количество или объем  $V_N$  насыщенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208, который можно удерживать и обрабатывать внутри каждой камеры 238, 214 и 244 без выхода мелкодисперсного углерода 208 из соответствующей камеры в следующую по порядку камеру через отверстие 234 дисков 230 и 232. (Наиболее высокий уровень находится на касательной линии 308, представленной на фиг. 3В, выше которой насыщенный кислородом золотосодержащий мелкодисперсный углерод 208 будет перетекать в следующую по порядку камеру.) Таким образом, скорость (и количество) насыщенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208, который вводят во вращающуюся обжиговую печь-мельницу 210, а также скорость (и количество) насыщенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208, который обрабатывают в каждой камере или зоне 238, 214 и 244, зависят от вместительности каждой камеры, представляющей собой объем  $V_N$  ( $V_1$ ,  $V_2$  и  $V_3$  наилучшим образом представлены на фиг. 3А), определяемый внутри соответствующих камер 238, 214 и 244 высотой 304 корпуса 302 каждого диска 230 и 232, продольной аксиальной длиной  $L_N$  каждой камеры 238, 214 и 244, а также дугой цилиндрического резервуара 212. Согласно настоящему изобретению камера 238 имеет наименьшую длину  $L_1$ , зона или камера 214 измельчения имеет наибольшую длину  $L_2$ , и заключительная зона или камера 244 имеет длину  $L_3$ , которая является промежуточной по отношению к длинам  $L_1$  и  $L_2$  соответствующих первой и второй камер 238 и 214, в то время как высота 304 является одинаковой для всех перегородок. В результате этого время прохождения насыщенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208 через каждую из соответствующих камер 238, 214 и 244 составляет приблизительно 0,5 ч для первой камеры 238, приблизительно 4 ч для зоны камеры 214 измельчения и приблизительно 1,5 ч для заключительной зоны 244. Таким образом, увеличение объема  $V_N$  или вместительности каждой камеры обеспечивает обработку большего количества насыщенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208 в течение предпочтительного минимального времени, составляющего 4 ч, и уменьшение объема  $V_N$  привело бы к обработке меньшего количества насыщенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208 в течение предпочтительного минимального времени, составляющего 4 ч/

Хотя настоящее изобретение описано достаточно подробно в тексте, относящемся к структурным признакам и/или технологическим операциям, следует понимать, что настоящее изобретение, определенное в прилагаемой формуле изобретения, не должно быть обязательно ограничено конкретными описанными признаками или операциями. Напротив, конкретные признаки и операции раскрыты как примерные предпочтительные формы осуществления заявленного изобретения. Другими словами, следует понимать, что фразеология и терминология, используемые в настоящем документе, а также в реферате, предназначены для цели описания, и их не следует рассматривать в качестве ограничительных. Таким образом, несмотря на то, что были описаны примерные иллюстративные варианты осуществления настоящего изобретения, для специалистов в данной области техники являются возможными многочисленные видоизменения и альтернативные варианты осуществления. Например, разделение цилиндрического резервуара 212 в соответствии с настоящим предпочтительным вариантом осуществления обеспечивает непрерывную операцию обработки насыщенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208. Однако в качестве альтернативы, оказывается возможным удаление перегородок 230 и 230, увеличение числа измельчающих элементов 218 таким образом, чтобы они распространялись по всей внутренней камере цилиндрического резервуара (т.е. чтобы весь цилиндрический резервуар 212 представлял собой камеру 214), и осуществление периодической обработки (термокинетической химической активации отдельных партий) насыщенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода 208. Согласно этому альтернативному способу каждую партию обрабатывают в течение времени, составляющего приблизительно от 4 до 6 ч, при температуре, составляющей приблизительно 500°C ( $\pm 50^\circ\text{C}$ ). Разумеется, непрерывная обработка является более эффективной и, таким образом, предпочтительной по сравнению с периодической обработкой. Такие видоизменения и альтернативные варианты осуществления предусмотрены и могут быть реализованы без отклонения от идеи и выхода за пределы объема настоящего изобретения.

Кроме того, следует отметить, что во всем тексте настоящего документа определения, такие как "левый", "правый", "передний", "задний", "верхний", "нижний", "направленный вперед", "направленный назад", "направленный по часовой стрелке", "направленный против часовой стрелки", "направленный вверх", "направленный вниз" или другие аналогичные термины, такие как "расположенный выше", "расположенный ниже", "расположенный сзади", "расположенный спереди", "вертикальный", "горизонтальный", "наклонный", "ближний", "дальний", "параллельный", "перпендикулярный", "поперечный", "продольный" и т.д., используются исключительно в целях удобства и не предназначены для указания на какое-либо конкретное фиксированное направление или ориентацию. Напротив, они использованы для отражения относительных положений/ориентаций между различными частями объекта.

Кроме того, ссылки на "первый", "второй", "третий" и другие элементы во всем тексте настоящего документа (и, в частности, в формуле изобретения) не предназначены для представления порядкового

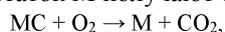
или численного ограничения, но, напротив, использованы для различия или идентификации разнообразных элементов группы.

Кроме того, никакой пункт формулы изобретения, который не представляет собой определенное "средство" осуществления конкретной функции или "этап" осуществления конкретной функции, не следует истолковывать как пункт, означающий "средство" или "этап", как указано в параграфе 6 статьи 112 раздела 35 Свода законов США. В частности, в настоящем документе применение терминов "стадия", "действие", "операция" или "оперативная акция" в формуле изобретения не предназначено для обращения к условиям параграфа 6 статьи 112 раздела 35 Свода законов США.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода, включающий насыщение золотосодержащего мелкодисперсного углерода кислородом с применением водного раствора реагента, содержащего гидроксиды щелочных металлов и один или несколько источников кислорода, с образованием насыщенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода; газификацию углеродных частиц насыщенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода с образованием безуглеродного золотосодержащего остатка М.

2. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.1, в котором безуглеродный золотосодержащий остаток М получают следующим образом:



где С представляет собой углерод, О представляет собой кислород.

3. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.1, в котором источники кислорода представляют собой обогащенные кислородом легирующие вещества.

4. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.3, в котором обогащенные кислородом легирующие вещества выбраны из нитратов, персульфатов или перманганатов.

5. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.3, в котором концентрации гидроксидов щелочных металлов составляют от 0,05 до 0,5% в расчете на 100 мас.% мелкодисперсного углерода и обогащенные кислородом легирующие вещества составляют от 0,1 до 1% в расчете на 100 мас.% золотосодержащего мелкодисперсного углерода.

6. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.1, в котором получение водного раствора реагента включает

растворение заданного количества гидроксидов щелочных металлов в воде с получением водного раствора гидроксидов щелочных металлов;

добавление кислородсодержащих легирующих веществ в водный раствор гидроксидов щелочных металлов с получением водного раствора реагента;

добавление золотосодержащего мелкодисперсного углерода в водный раствор реагента в процессе перемешивания водного раствора реагента.

7. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.6, в котором продолжительность смешивания составляет от 10 до 20 мин при температуре, составляющей  $20 \pm 10^\circ\text{C}$ .

8. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.1, в котором смешивают 1 кг золотосодержащего мелкодисперсного углерода и смешанный от 0,1 до 0,3  $\text{дм}^3$  водного раствора реагента.

9. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.1, в котором газификация включает обработку насыщенного золотосодержащего мелкодисперсного углерода в режиме термокинетической химической активации, которая включает механическую обработку и одновременную термическую обработку насыщенного золотосодержащего мелкодисперсного углерода, приводящую к окислению углеродных частиц с образованием безуглеродного золотосодержащего остатка М без стеклования примесей, присутствующих в золотосодержащем мелкодисперсном углероде.

10. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.9, в котором механическая обработка насыщенного золотосодержащего мелкодисперсного углерода включает увеличение площади поверхности золотосодержащего мелкодисперсного углерода.

11. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.10, в котором увеличение площади поверхности насыщенного золотосодержащего мелкодисперсного углерода включает измельчение насыщенного золотосодержащего мелкодисперсного углерода до частиц малого размера, который составляет менее чем 100 мкм.

12. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.9, в котором термическая обработка включает нагревание насыщенного золотосодержащего мелкодисперсного углерода до температуры, составляющей менее чем  $650^\circ\text{C}$ .

13. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.1, в котором обработка насыщенного золотосодержащего мелкодисперсного углерода в режиме термокинетической химической активации включает применение обжиговой печи.

14. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.13, в котором

обжиговая печь представляет собой вращающуюся обжиговую печь-мельницу.

15. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.14, в котором вращающаяся обжиговая печь-мельница содержит вращающийся корпус, который содержит зону измельчения, в которой измельчают золотосодержащий мелкодисперсный углерод до частиц малого размера, составляющего менее чем 100 мкм, причем зона измельчения содержит источник тепла для применения тепловой энергии при температуре, составляющей от 450 до 550°C, в течение достаточного времени, составляющего от 4 до 6 ч, для превращения золотосодержащего мелкодисперсного углерода в безуглеродный золотосодержащий остаток М.

16. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.15, в котором вращающийся корпус содержит измельчающие элементы, которые свободно движутся в пределах зоны измельчения вращающегося корпуса обжиговой печи для дробления и измельчения золотосодержащего мелкодисперсного углерода.

17. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.16, в котором измельчающие элементы представляют собой измельчающие шарики, которые используют в качестве средства измельчения.

18. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.17, в котором вращающийся корпус содержит цилиндрический резервуар, который имеет центральную продольную ось вращения, вокруг которой вращается вращающийся корпус.

19. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.18, в котором цилиндрический резервуар имеет впускной конец и выпускной конец, которые поддерживает набор вращательных механизмов, которые вызывают вращение цилиндрической камеры вокруг центральной продольной оси вращения.

20. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.19, в котором источник тепла представляет собой один источник из электрического источника тепла и топливного источника тепла.

21. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.20, в котором цилиндрический резервуар дополнительно содержит зону первоначального высушивания.

22. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.21, в котором насыщенный золотосодержащий мелкодисперсный углерод в существенной степени высушивают в пределах зоны первоначального высушивания под действием тепла при термической обработке.

23. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.22, в котором термическую обработку под действием тепла осуществляют при температуре, составляющей 200°C, в течение достаточного времени, составляющего 0,5 ч для удаления влаги в существенной степени.

24. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.23, в котором цилиндрический резервуар дополнительно содержит зону заключительного окисления, в которой продолжается воздействие тепловой энергии при температуре, составляющей от 450 до 550°C, в течение достаточного времени, составляющего от 1 до 1,5 ч.

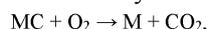
25. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.24, в котором цилиндрический резервуар обжиговой печи содержит внутри себя измельчающие элементы, которые свободно движутся и удерживаются в пределах перегородчатой секции цилиндрического резервуара посредством набора перегородок.

26. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода, включающий насыщение золотосодержащего мелкодисперсного углерода гидроксидами щелочных металлов и газификацию углеродных частиц насыщенного золотосодержащего мелкодисперсного углерода.

27. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода, включающий насыщение золотосодержащего мелкодисперсного углерода одним или несколькими способствующими окислению соединениями и одним или несколькими источниками кислорода с образованием обогащенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода;

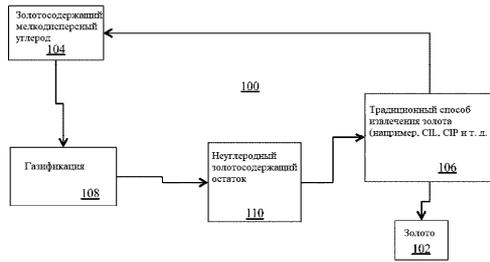
газификацию углеродных частиц обогащенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода, приводящую к некаталитической химической реакции с образованием безуглеродного золотосодержащего остатка М.

28. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.27, в котором безуглеродный золотосодержащий остаток М получают следующим образом:

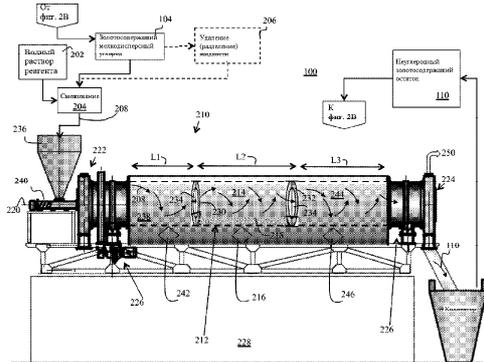


где С представляет собой углерод, О представляет собой кислород; извлекают золото из безуглеродного золотосодержащего остатка М.

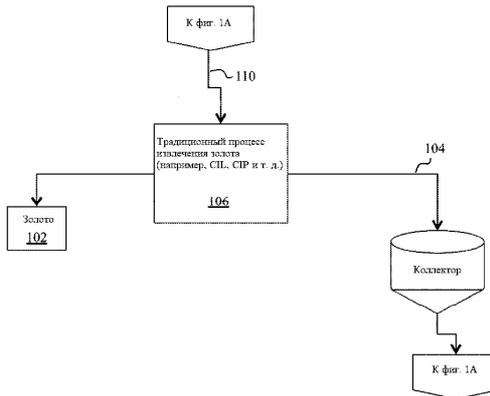
29. Способ извлечения золота из золотосодержащего мелкодисперсного углерода по п.27, в котором газификацию углеродных частиц обогащенного кислородом золотосодержащего мелкодисперсного углерода осуществляют в режиме термокинетической некаталитической химической активации.



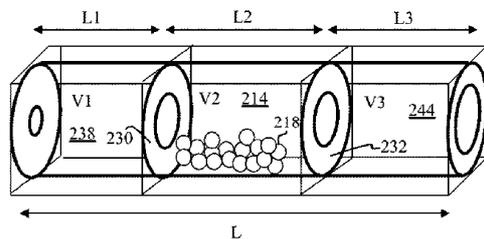
Фиг. 1



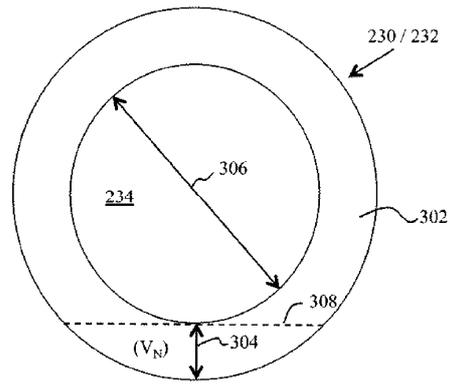
Фиг. 2А



Фиг. 2В



Фиг. 3А



Фиг. 3В

