



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2003129547/02, 07.10.2003**

(24) Дата начала действия патента: **07.10.2003**

(45) Опубликовано: **10.05.2005 Бюл. № 13**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **(56)RU 2042719 C1, 27.08.1995. RU 2187567 C1, 20.08.2002. SU 1712438 A1, 15.02.1992. WO 98/50592 A1, 12.11.1998. WO 00/15856 A1, 23.03.2000. WO 03/010346 A2, 06.02.2003. US 5783062 A, 21.07.1998.**

Адрес для переписки:

**103104, Москва, а/я 14, Э.М. Богушевскому**

(72) Автор(ы):

**Секисов А.Г. (RU),  
Мазуркевич С.А. (RU)**

(73) Патентообладатель(ли):

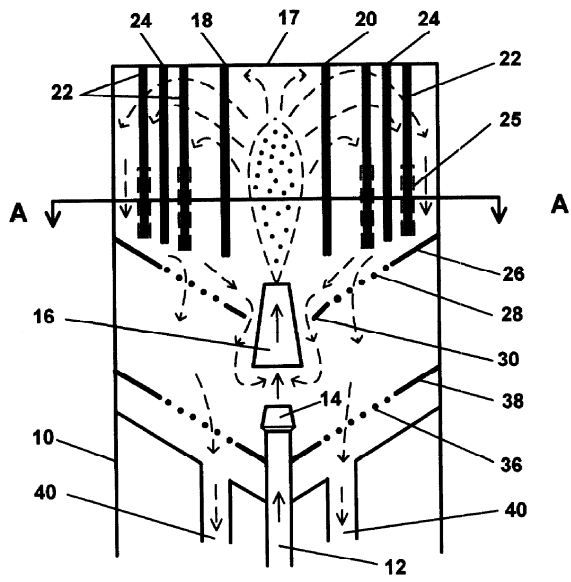
**Общество с ограниченной ответственностью  
"Интегра Груп. Ру" (RU)**

## (54) СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ РАСТВОРОВ И ПУЛЬП И РЕАКТОР ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области гидрометаллургии благородных металлов и может быть использовано для извлечения металлов из различных бедных растворов и пульп, в том числе жидких хвостов обогащения. Технический результат группы изобретений - повышение эффективности извлечения благородных металлов. Способ включает контактирование пульпы в реакторе с ионообменным сорбентом в условиях воздействия электрическим полем, последующее отделение сорбента от среды, его десорбцию и извлечение металлов. В качестве ионообменного сорбента используют смесь анионо- и катионообменного синтетических сорбентов, а воздействие электрическим полем осуществляют раздельно в зонах струйного и свободного течения среды. В зоне струйного течения среду пропускают через систему чередующихся анодов-катодов с разностью потенциалов, достаточной для десорбции ионов с поверхности природных минералов и активации ионного обмена в упомянутом синтетическом сорбенте, а в зоне свободного течения - через решетку катодов с запитывающими анодами с разностью потенциалов, достаточной для сорбции сорбентом

и осаждения металла, при этом осуществляют циркуляцию среды путем эжекции пульпы на входе реактора. Реактор содержит проточный корпус с днищем, входным и сливным патрубками, электроды, установленные в корпусе и подключенные к источнику постоянного напряжения. При этом он дополнительно содержит связанные с входным патрубком сопловый насадок и конический сходящийся гидравлический насадок, установленные соосно для формирования струйного течения среды, две воронкообразные перегородки с сетками, одна из которых установлена в днище и гидравлически сообщена со сливным патрубком, а другая установлена с зазором относительно конического сходящегося патрубка для обеспечения циркуляции среды. Электроды объединены в две группы и закреплены в верхней части реактора, первая группа образована системой попарно подключенных и последовательно установленных анодов-катодов, размещенных симметрично упомянутым насадкам в зоне струйного течения среды, а вторая группа образована решеткой катодов с запитывающими анодами, размещенной в периферийной части по обе стороны от электродов первой группы, в зоне свободного течения среды. 2 н. и 6 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг.1

RU 2251582 C1

RU 2251582 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2003129547/02, 07.10.2003**

(24) Effective date for property rights: **07.10.2003**

(45) Date of publication: **10.05.2005 Bull. 13**

Mail address:  
**103104, Moskva, a/ja 14, Eh.M. Bogushevskomu**

(72) Inventor(s):  
**Sekisov A.G. (RU),  
Mazurkevich S.A. (RU)**

(73) Proprietor(s):  
**Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju  
"Integra Grup. Ru" (RU)**

(54) **METHOD FOR EXTRACTING NOBLE METALS FROM SOLUTIONS AND PULPS AND REACTOR FOR PERFORMING THE SAME**

(57) Abstract:

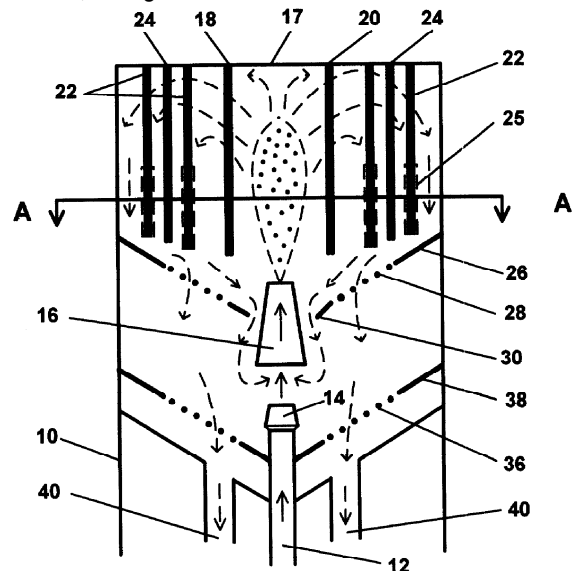
FIELD: hydraulic metallurgy of noble metals, possibly extraction of metals from different depleted solutions, pulps and also from liquid enrichment residues.

SUBSTANCE: method comprises steps of providing contact of pulp in reactor with ion-exchange sorbent in condition of electric field action; separating sorbent from medium, desorption of it and extracting metals; using mixture of anion- and cation-exchange synthetic sorbents as ion-exchange sorbent. Action of electric field is realized separately in zone of fluidic stream and in zone of free flowing. In zone of fluidic stream medium is passed through system of alternating anodes-cathodes with potential difference sufficient for sorption by means of said sorbent and for metal deposition while providing circulation due to ejection of pulp at inlet of reactor. Reactor includes flow-through housing with bottom, inlet and draining branch pipes, electrodes mounted in housing and connected with constant voltage source. Reactor includes in addition nozzle adapter and cone narrowed hydraulic adapter, both communicated with inlet branch pipe and mounted coaxially for forming fluidic stream; two funnel like partitions with grids. One grid is arranged in bottom and its is hydraulically communicated with draining branch pipe; other grid is arranged with gap relative to cone branch pipe and other for circulation of medium. Two groups of electrodes are secured to upper portion of reactor.

First group of electrodes includes system of connected in pairs and successively mounted anodes-cathodes arranged symmetrically relative to said adapters in zone of fluidic stream. Second group of electrodes includes array of cathodes with power-supplying anodes and it is arranged in periphery at both sides of electrodes of first group in zone of free flowing of medium.

EFFECT: enhanced efficiency of extraction of noble metals.

8 cl, 2 dwg



**Фиг.1**

RU 2 2 5 1 5 8 2 C 1

RU 2 2 5 1 5 8 2 C 1

Изобретение относится к области гидрометаллургии благородных металлов и может быть использовано для извлечения металлов из различных бедных растворов и пульп, в том числе жидких хвостов обогащения.

Известно, что повышение эффективности извлечения благородных металлов из промышленных растворов сложного солевого состава можно достичь одновременным использованием электрохимической активации и ионообменной сорбции. Так, известен метод, согласно которому исходные растворы подвергают электрохимической активации, а затем проводят из полученного раствора сорбцию на сорбенте, расположенном над электродами. Извлечение металлов проводят непрерывно при изменяющейся полярности электродов, а в качестве сорбента используют анионит. Этим снижаются потери металлов со сбросными растворами (SU 1527917 A1, С 22 В 11/00, 23.05.1993).

Известен также способ извлечения благородных металлов из пульп или растворов, содержащих благородные металлы, в котором контактирование с сорбентом осуществляют при перемешивании и повышенной температуре (89-150°C), а сорбцию ведут при наложении электрического тока в электрохимическом аппарате (RU 2042719 C1, С 22 В 3/24 // С 22 В 11/00, 27.08.1995) - ближайший аналог первого изобретения группы.

Известно большое число аппаратов для электрохимической обработки пульп (SU 1199269 A, В 03 D 1/14, 23.12.1985; RU 2187567 C1, С 22 В 11/00, 20.08.2002; US 5882502, С 25 С 1/20, 205/568, 16.03.1999), а также ионообменных аппаратов с электрическим полем, используемых в основном для очистки воды, в которых реализуются различные средства деионизации водных растворов, в частности электродиализ (RU 2170141 C2, В 01 J 47/08, 20.07.2000; WO 02/04357 A1, С 02 F 1/469, 17.01.2002; WO 02/09387 A1, G 21 С 19/307, 21.11.2002 и др.). Однако, учитывая специфику назначения, такие реакторы не могут быть использованы для работы методом "смола в пульпе" ("Resin-in-Pulp Adsorption"), когда ионообменная смола вводится непосредственно в пульпу, а затем по насыщении выводится на десорбцию (см., например, СА 2209559, С 22 В 3/42, 16.01.1998).

Известен реактор для электрохимического выщелачивания благородных металлов из пульп, содержащий проточный корпус с днищем, входным и сливным патрубками, электроды, установленные в корпусе и подключенные к источнику постоянного тока (RU 2187567 C1, С 22 В 11/00, 20.08.2002) - ближайший аналог второго изобретения группы. Один из электродов имеет развитую поверхность; электрообработка пульпы носит характер непосредственного контакта минеральных частиц с поверхностью этого электрода.

Недостатками известных способов и устройств является недостаточная эффективность, обусловленная в основном тем, что не полностью используются возможности влияния электрических полей на оптимизацию процессов сорбции в системе "Resin-in-Pulp Adsorption" при извлечении золота из хвостов обогащения.

Задачей настоящей группы изобретений является усовершенствование сорбционного процесса извлечения благородных металлов посредством реактора, где повышение эффективности процесса достигается особыми режимами электрического воздействия, способствующими как повышению активности сорбции, так и непосредственному осаждению золота на катодах.

Технический результат первого изобретения группы - повышение эффективности извлечения благородных металлов, достигается тем, что способ извлечения благородных металлов из пульп включает контактирование в реакторе пульпы с ионообменным сорбентом при воздействии электрическим полем, последующее отделение сорбента от среды, его десорбцию и извлечение металлов. В качестве ионообменного сорбента используют смесь анионо- и катионообменного синтетических сорбентов, а воздействие электрическим полем осуществляют отдельно в зонах струйного и свободного течения среды, причем в зоне струйного течения среду пропускают через систему чередующихся анодов-катодов с разностью потенциалов, достаточной для десорбции ионов с поверхности природных минералов и активации ионного обмена в упомянутом синтетическом сорбенте, а в зоне свободного течения среды - через решетку катодов с запитывающими анодами с разностью потенциалов, достаточной для сорбции сорбентом и осаждения металла, при

этом осуществляют циркуляцию среды путем эжекции пульпы на входе реактора.

Способ может характеризоваться тем, что разность потенциалов на системе чередующихся анодов-катодов составляет 1,5-30 В, а также тем, что разность потенциалов между решеткой катодов и запитываемыми анодами составляет 1,5-3 В.

5      Способ может характеризоваться и тем, что воздействие электрического поля осуществляют в постоянном или импульсном режиме, а кроме того, тем, что смесь анионо- и катионообменного синтетических сорбентов содержит, мас. %:

анионит 50-90,

катионит 10-50.

10     Технический результат второго изобретения группы - повышение эффективности извлечения благородных металлов, обеспечивается тем, что реактор для извлечения благородных металлов из пульп содержит проточный корпус с днищем, входным и сливным патрубками, электроды, установленные в корпусе и подключенные к источнику постоянного напряжения. Реактор дополнительно содержит связанные с входным патрубком сопловый насадок и конический сходящийся гидравлический насадок, установленные соосно, для формирования струйного течения среды, две воронкообразные перегородки с сетками, одна из которых установлена в днище и гидравлически сообщена со сливным патрубком. Другая установлена с зазором относительно конического сходящегося патрубка для обеспечения циркуляции среды, при этом электроды объединены в две группы и закреплены в верхней части реактора, первая группа образована системой попарно подключенных и последовательно установленных анодов-катодов, размещенных симметрично упомянутым насадкам в зоне струйного течения среды, а вторая группа образована решеткой катодов с запитываемыми анодами, размещенной в периферийной части по обе стороны от электродов первой группы, в зоне свободного течения среды.

25     Реактор может характеризоваться тем, что сетки воронкообразных перегородок имеют размеры ячеек 0,2-0,4 мм, а площадь сеток составляет 0,4-0,6 от площади поверхности воронкообразной перегородки, а также тем, что катоды второй группы электродов имеют средства, обеспечивающие развитую поверхность электрического контакта.

30     В основе функционирования способа и реактора лежит следующий механизм. Для переосаждения ионов металлов с природных сорбентов, находящихся в пульпе, на искусственные - ионообменные в процессе извлечения дополнительно используется электрическая активация. Обработываемая среда (пульпа и смесь анионо- и катионообменного синтетического сорбента) в зоне струйного течения подвергается воздействию электрическим полем. Этот процесс подобен электродиализу, где в качестве ионитовых полупроницаемых мембран выступают гранулы ионообменного сорбента. Гранулы сорбента будут выполнять роль своеобразных подвижных микромембран (соответственно, анионитовой и катионитовой) дискретного действия. Этот эффект будет иметь место при совпадении взаимного расположения разнотипных ионитов и электродов различной полярности. Электродиализ инициирует эффект разрыва связей между ионами, сорбированными на поверхности глинистых частиц пульпы и их поверхностным молекулярным слоем. Метастабильные катионы золота будут стремиться к катоду, увлекая за собой связанные с ними через гидратные оболочки анионы цианидов, а свободные анионы цианидов будут стремиться к аноду. Попадая в зону влияния гранул анионита направленно смещающиеся метастабильные комплексные анионы золота будут фиксироваться пленочной фазой анионита и тем самым концентрироваться в поверхностных пленочных слоях ионитной фазы пульпы, окружающей гранулы сорбента. Таким путем осуществляется перераспределение ионов извлекаемых металлов между компонентами исходной пульпы.

45     После прохождения обрабатываемой среды через зону струйного течения она оказывается в зоне свободного течения. На осадительных электродах-катадах имеет место переход ионов из пленочной в гелевую фазу гранулы сорбента. Этот механизм обеспечивает наличие электрического поля в прикатодной области осадительных электродов, проявляющегося в виде сил электроосмоса. Молекулы воды стремятся

сместиться к катоду, способствуя набуханию ионитов. Соответственно, метастабильные катионы золота с внешней от катода стороны пленочной фазы по поровому пространству переходят вглубь гелевой фазы анионита. Часть комплексных ионов золота со стороны внутренней части ионита, попадая в область двойного электрического слоя, поляризуется и образующиеся стабильные катионы золота частично переосаждаются на катод в виде нейтральных атомов.

Для отделения сорбента от среды используются сетчатые фильтры, установленные в днище реактора. Сопровождающие процесс электрообработки электролизные газы разуплотняют среду и дополнительно способствуют очищению сетчатых фильтров. После насыщения гелевой фазы гранулы выводятся из процесса и направляются на десорбцию. Вышеописанный процесс рассмотрен на примере извлечения золота, но он аналогичен для извлечения других благородных металлов.

Патентуемый способ удобно пояснить на примере функционирования реактора, конструкция которого поясняется на фигурах, где:

на фиг.1 представлена принципиальная схема реактора, вертикальный разрез; на фиг.2 - то же, что на фиг.1, разрез по А-А с коммутацией электродов.

Реактор имеет корпус 10, в днище которого размещен входной патрубок 12 для подачи среды, оканчивающийся сопловым насадком 14. По оси насадка 14 установлен конический сходящийся гидравлический насадок 16, обеспечивающий формирование зоны струйного течения. Верхняя часть 17 реактора имеет шлюз для введения и эвакуации насыщенного сорбента (на фиг. не показано).

На верхней части 17 корпуса 10 реактора установлены электроды двух групп. Первая группа электродов 18, 20, сформированная в виде решетки параллельно подключенных и последовательно размещенных анодов-катодов, присоединена к источнику постоянного тока напряжением  $U_1$  (на фиг. не показан). Разность потенциалов  $U_1=1,5-30$  В, создаваемая между этими электродами 18 и 20, предназначена для электроактивации процесса.

По обе стороны от электродов 18 и 20, ближе к боковым стенкам, установлена вторая группа электродов-катодов 22 и запитывающих анодов 24.

Электроды 22 и 24 с потенциалом осаждения (восстановления) выделяемого металла ( $U_2=1,5-3$  В для Au) предназначены для формирования разности потенциалов между поверхностью частиц минералов и электродами 22, 24. Эта разность потенциалов обеспечивает возникновение локальных ионных токов, что интенсифицирует процесс ионообменной сорбции. Для повышения эффективности электрического воздействия электроды 22 и 24 могут иметь элемент 25, обеспечивающий развитую поверхность электрического контакта (металлическая сетка, выполненная, например, из стали, или другие средства, известные в технике). Активная площадь катодов 22, соединенных между собой, много больше площади анодов 24, что обеспечивает интенсивный переход комплексных ионов золота из пленочной фазы ионита в его гелевую фазу.

В электрической схеме, показанной на фиг.2, электроды каждой из групп подключены параллельно к источникам электроэнергии. Однако могут быть и другие коммутации, не меняющие существа изобретения.

В полости реактора в корпусе 10 установлены воронкообразные перегородки 26 с сетками 28. Перегородки 26 по внешнему краю скреплены с корпусом 10, а по внутреннему краю 30 установлены с зазором по отношению к гидравлическому насадку 16. Это необходимо для обеспечения циркуляции гранул сорбента в среде вследствие эжекции струи свежей пульпы из насадка 14. Размеры ячеек сетки 28 выбраны из условия обеспечения отделения частиц сорбента от минеральных частиц пульпы. Для вывода среды из реактора и отделения циркулирующего сорбента служат выпускные сетки 36, закрепленные в донной части корпуса 10 на воронкообразных перегородках 38. Размер ячеек сеток (около 0,3 мм) выбран из условия беспрепятственного слива пульпы (размер ее фракции менее 0,075 мм) и сепарации гранул сорбента (размер гранул 1-3 мм). Эвакуация среды осуществляется через сливной патрубок 40.

Способ извлечения благородных металлов, например золота, из пульпы или других

растворов посредством патентуемого реактора реализуют следующим образом.

Корпус 10 реактора предварительно заполняют гранулами ионообменного сорбента одновременно двух типов - катионитом и анионитом. В частности, возможно использовать смесь бифункционального анионита марки АМ-2Б в количестве 50-90 мас.% и  
5 сильнокислотного катионита марки КУ-2-8 в количестве 10-50 мас.%. Выбор этих ионитов обусловлен тем, что первый из них является селективным сорбентом для комплексных анионов золота, а второй составляет с ним мембранную пару.

Далее, через патрубок 12 под напором вводят пульпу (например, хвосты основного обогащения), подлежащую обработке, а через патрубок 40 осуществляют ее слив. Насадок  
10 16 обеспечивает прирост скорости потока среды и формирование зоны струйного течения между решеткой электродов 18 и 20. Дестабилизация ионных комплексов, сорбированных поверхностью частиц минералов (глинистых и слюдяных), достигается при разности потенциалов  $U_1$  между электродами в диапазоне от 1,5 до 30 В и подбирается экспериментальным путем.

15 После разрушения струи среда вместе с гранулами сорбента перетекает в зону свободного течения к электродам 22, 24, где поддерживается постоянное напряжение  $U_2=1,5-3$  В и плотность тока 1-10 А/л. Дестабилизированные ионы начинают переходить на иониты (сначала в пленку окружающей жидкости) за счет эффекта электролиза. Как указывалось выше при описании механизмов, лежащих в основе способа, катионы  
20 движутся к катоду 22 и, вступая во взаимодействие с новыми анионами цианидов, образуют комплексные анионы золота и задерживаются анионитом. И наоборот, анионы перемещаются к аноду 24. За счет сочетания эффектов электроосмоса и электроактивации процесса ионного обмена происходит переход ионов металлов в гелевую фазу ионитов. Кроме того, этому способствуют локальные ионные токи и соответственно возникающие  
25 при этом магнитные микрополя, которые за счет ряда сопутствующих эффектов дополнительно интенсифицируют процесс ионообменной сорбции. За счет роста локальных концентраций ионов часть ионов золота при проявлении эффекта поляризации в области двойного электрического слоя осаждается на катодах 22.

Отделение гранул сорбента от среды и обеспечение циркуляции сорбента в реакторе  
30 проводится с помощью воронкообразных перегородок 26, 38 с сетками 28, 36. Среда после электроактивации и электроосаждения свободно проходит через сетки 28, 36 (размер их ячеек составляет около 0,2-0,4 мм) и выводится из реактора на сброс через патрубки 40. Гранулы сорбента по воронкообразным перегородкам 26 "стекают" в межперегородочное пространство, задерживаются сетками 36 и остаются в процессе. Поскольку в зоне  
35 струйного течения среды (между электродами 18, 20) имеет место частичный электролиз с выделением пузырьков газа, его наличие благотворно влияет на самоочищение сеток 28 от гранул сорбента. Схлопывание пузырьков на ячейках сеток 28, 36 обеспечивает их очистку от осевших гранул сорбента и способствует их более активной циркуляции в реакторе.

Для обеспечения циркуляции гранулы сорбента вместе со средой через специально  
40 организованный зазор между внутренним краем 30 и насадком 16 инжектируются первичной пульпой через сопловый насадок 14 и насадок 16 вновь в струю (линии циркуляции сорбента показаны на фиг.1 стрелками). За счет эжекции первичной пульпы осуществляется непрерывная циркуляция сорбента. По мере насыщения сорбент выгружают из реактора и направляют на десорбцию, осуществляемую известным путем.

45 Питание электродов обеих групп может осуществляться от одного или нескольких источников как в постоянном, так и в импульсном режиме. Использование импульсного режима питания электродов позволяет дополнительно интенсифицировать процесс вынужденной направленной диффузии ионов от поверхности природных минералов-сорбентов к поверхности ионитов-синтетических сорбентов и катодов,  
50 уменьшить процессы поляризации электродов. В импульсном режиме длительность импульсов может составлять 20-100 мс, сила тока в импульсе - до 50 А.

Пилотные испытания реактора показали рациональную организацию воздействия электрическими полями и экономическую целесообразность электроактивации сорбента в

пульпе для более полного извлечения металла.

#### Формула изобретения

1. Способ извлечения благородных металлов из пульп, включающий контактирование в реакторе пульпы с ионообменным сорбентом при воздействии электрическим полем, последующее отделение сорбента от среды, его десорбцию и извлечение металлов, отличающийся тем, что в качестве ионообменного сорбента используют смесь анионо- и катионообменного синтетических сорбентов, а воздействие электрическим полем осуществляют раздельно в зонах струйного и свободного течения среды, причем в зоне струйного течения среду пропускают через систему чередующихся анодов - катодов с разностью потенциалов, достаточной для десорбции ионов с поверхности природных минералов и активации ионного обмена в упомянутом синтетическом сорбенте, а в зоне свободного течения среды - через решетку катодов с запитываемыми анодами с разностью потенциалов, достаточной для сорбции сорбентом и осаждения металла, при этом осуществляют циркуляцию среды путем эжекции пульпы на входе реактора.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что разность потенциалов на системе чередующихся анодов - катодов составляет 1,5-30 В.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что разность потенциалов между решеткой катодов и запитываемыми анодами составляет 1,5-3 В.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что воздействие электрического поля осуществляют в постоянном или импульсном режиме.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что смесь анионо- и катионообменного синтетических сорбентов содержит, мас. %:

Анионит 50-90

Катионит 10-50

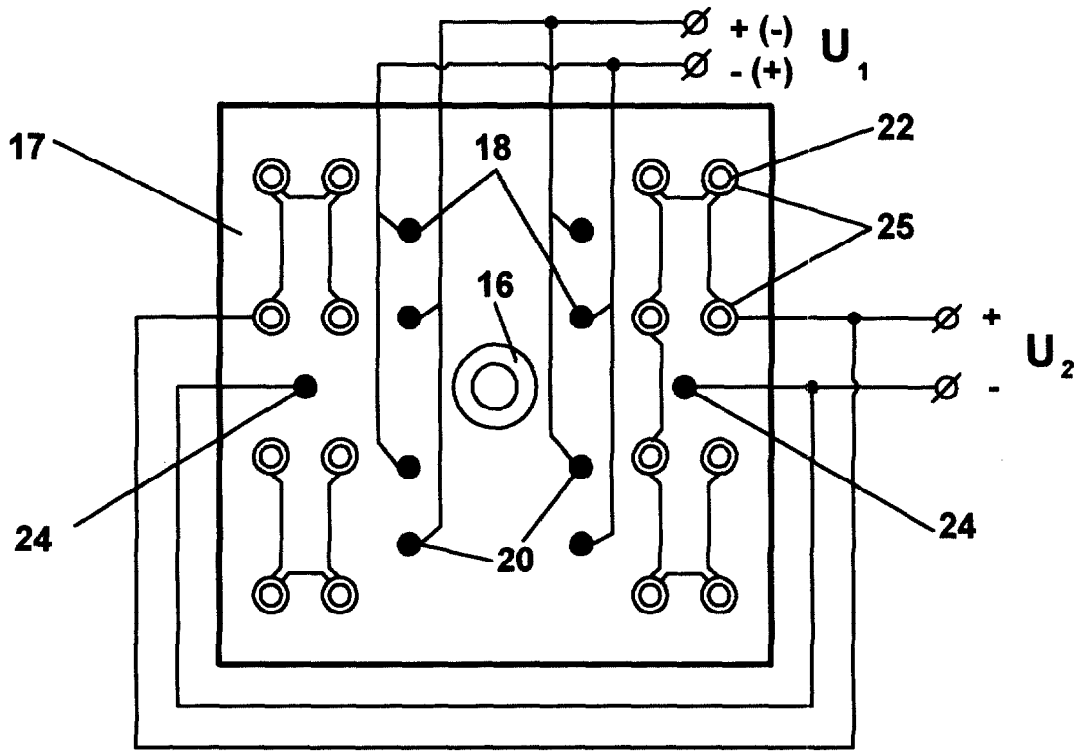
6. Реактор для извлечения благородных металлов из пульп, содержащий проточный корпус с днищем, входным и сливным патрубками, электроды, установленные в корпусе и подключенные к источнику постоянного напряжения, отличающийся тем, что он дополнительно содержит связанные с входным патрубком сопловый насадок и конический сходящийся гидравлический насадок, установленные соосно, для формирования струйного течения среды, две воронкообразные перегородки с сетками, одна из которых установлена в днище и гидравлически сообщена со сливным патрубком, а другая установлена с зазором относительно конического сходящегося патрубка для обеспечения циркуляции среды, при этом электроды объединены в две группы и закреплены в верхней части реактора, первая группа образована системой попарно исключенных и последовательно установленных анодов - катодов, размещенных симметрично упомянутым насадкам в зоне струйного течения среды, а вторая группа образована решеткой катодов с запитываемыми анодами, размещенной в периферийной части по обе стороны от электродов первой группы, в зоне свободного течения среды.

7. Реактор по п.6, отличающийся тем, что сетки воронкообразных перегородок имеют размеры ячеек 0,2-0,4 мм, а площадь сеток составляет 0,4-0,6 площади поверхности воронкообразной перегородки.

8. Реактор по п.6 или 7, отличающийся тем, что катоды второй группы электродов имеют средства, обеспечивающие развитую поверхность электрического контакта.



A - A



Фиг.2