

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202391058** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2023.07.27

(22) Дата подачи заявки
2021.11.18

(51) Int. Cl. *C22B 3/16* (2006.01)
C22B 7/00 (2006.01)
C22B 23/00 (2006.01)
C22B 11/00 (2006.01)
C22B 13/00 (2006.01)
C22B 15/00 (2006.01)
C22B 17/00 (2006.01)
C22B 19/20 (2006.01)
C22B 25/00 (2006.01)
C22B 25/06 (2006.01)
C22B 30/06 (2006.01)
C22B 43/00 (2006.01)
C22B 58/00 (2006.01)

(54) **ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ДРАГОЦЕННЫХ И ХАЛЬКОФИЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ**

(31) 2020904261

(32) 2020.11.18

(33) AU

(86) PCT/AU2021/051377

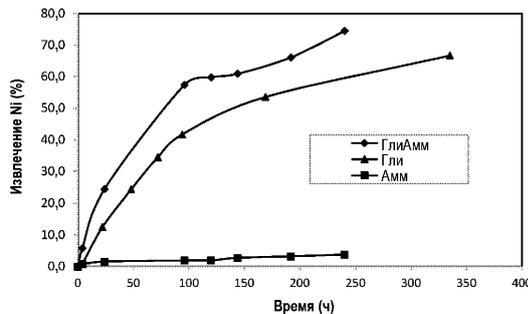
(87) WO 2022/104427 2022.05.27

(71) Заявитель:
**МАЙНИНГ ЭНД ПРОЦЕСС
СОЛЮШНЗ ПТИ ЛТД (AU)**

(72) Изобретатель:
**Абдалла Эльсайед Абдельради Ораби,
Экстин Якобус Йоханнес (AU)**

(74) Представитель:
**Билык А.В., Поликарпов А.В.,
Соколова М.В., Черкас Д.А., Игнатъев
А.В., Путинцев А.И., Дмитриев А.В.,
Бельтюкова М.В. (RU)**

(57) Способ извлечения одного или более целевых металлов, выбранных из драгоценных металлов и халькофильных металлов, как определено соответственно в данном документе, из материалов, содержащих драгоценный(е) и/или халькофильный(е) металл(ы), причем указанный способ включает (i) выщелачивание металлосодержащего материала водным раствором, содержащим "высвободитель металла", включающий аминокислоту; и "удерживатель металла", включающий один или более из аммиака, аммониевых солей, карбоновых кислот, солей карбоновых кислот, дикарбоновых кислот, солей дикарбоновых кислот, гидроксикарбоновых кислот, солей гидроксикарбоновых кислот, этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) и солей ЭДТА, с получением фильтрата, содержащего целевой(ые) металл(ы); и (ii) извлечение металла из фильтрата.



A1

202391058

202391058

A1

ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ДРАГОЦЕННЫХ И ХАЛЬКОФИЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Описан способ извлечения одного или более целевых металлов, выбранных из драгоценных металлов и халькофильных металлов, из материалов, содержащих драгоценный(е) и/или халькофильный(е) металл(ы). Способ может быть использован для извлечения металлов из руд, рудных концентратов или рудных хвостов, или из других металлосодержащих материалов, включая отходы ювелирной промышленности, отходы электронной промышленности и другое утильсырье. Способ может быть использован, в частности, в контексте выщелачивания бедных руд, рудных концентратов или хвостов в технологиях выщелачивания *in-situ*, кучного или чанового выщелачивания. Он также может быть использован для выщелачивания промежуточных продуктов и/или вторичных материалов или отходов. Отходы могут включать любые твердые материалы, полученные в результате деятельности человека, изготовления или переработки, например, помимо прочего, муниципальные отходы, отходы производства электрического и электронного оборудования («электронные отходы»), хвосты добычи полезных ископаемых, колошниковую пыль, остатки выщелачивания, шлаки, шламы и отстои электроэкстракции и электрорафинирования, любые другие металлосодержащие шламы, отстои и окалину. Металлосодержащий материал может также включать загрязненные грунты.

В контексте данного документа термин «драгоценный металл» означает золото (Au), серебро (Ag) и металлы платиновой группы: рутений (Ru), родий (Rh), палладий (Pd), осмий (Os), иридий (Ir) и платину (Pt). Однако из этих драгоценных металлов указанный способ, в частности, применим для извлечения одного или более из золота, серебра, палладия и платины, и поэтому рассмотрение будет сосредоточено на этих драгоценных металлах.

В контексте данного документа термин «халькофильный металл» означает медь (Cu), никель (Ni), кобальт (Co), цинк (Zn), свинец (Pb), кадмий (Cd), таллий (Tl), индий (In), ртуть (Hg), галлий (Ga), олово (Sn) и висмут (Bi). Однако из этих халькофильных металлов указанный способ, в частности, применим для извлечения Ni, Co, Zn и Cu, более конкретно, Ni, Co и Cu, и поэтому рассмотрение будет сосредоточено на этих халькофильных металлах. Способ является более избирательным для этих металлов по сравнению с другими металлами, такими как железо, магний, марганец, кремний и алюминий. Еще более конкретно, способ применим для извлечения никеля и кобальта,

например, из никелевых и кобальтовых руд, посредством повышения выщелачиваемости и стабильности этих металлов в выщелачивающих растворах.

В контексте данного документа термин «выщелачиватель» относится к растворяющему агенту, обеспечивающему фазовый переход (т. е. из твердого состояния вещества в жидкий раствор), при котором целевой металл образует комплекс с выщелачивателем, причем металл не будет растворяться в жидком состоянии, если не в присутствии выщелачивателя.

ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Извлечение халькофильных и/или драгоценных металлов согласно обычной практике выполняют с использованием гидрометаллургических процессов. Ранее для выщелачивания меди и/или драгоценных металлов использовали реагенты различных типов, как правило, в зависимости от рН-режима рудной среды. Многие из этих реагентов обладают неблагоприятными свойствами, например, токсичностью, дороговизной, отсутствием селективности и низкой скоростью экстракции, как подробно рассмотрено ниже.

Некоторые руды связаны с щелочными средами. В обычных щелочных средах может использоваться цианид в качестве возможного выщелачивателя. Однако цианид является чрезвычайно токсичным.

В отличие от упомянутых выше связанных с щелочными средами руд, многие руды связаны с условиями, когда руды имеют кислую среду в их непосредственном окружении или им предшествуют кислотные процессы предварительного окисления. В этих условиях чаще применялись процессы кислотного выщелачивания. Однако эти кислотные процессы также могут иметь сопутствующие проблемы. Ряд выщелачивателей применяют в кислых средах (например, тиоцианат в присутствии окислителя, хлор-хлоридные системы, гипохлорит, бром-бромидные системы, кислота-тиомочевина). Например, кислая тиомочевина является одной из альтернативных щелочному цианиду систем выщелачивания для извлечения золота из некоторых месторождений золота. Однако использование этих выщелачивателей является проблематичным из-за по меньшей мере токсичности и издержек.

Авторы настоящего изобретения ранее предлагали использование аминокислот в качестве возможных выщелачивателей для выщелачивания целевых металлов, например, халькофильных металлов и/или драгоценных металлов. Аминокислоты являются

привлекательной альтернативой другим более традиционным выщелачивателям, поскольку они являются экологически безопасными и относительно недорогими. Однако было обнаружено, что целевые металлы могут обладать ограниченной растворимостью при использовании аминокислот в чистом виде. Кроме того, эти выщелачиватели могут потребовать присутствия в растворе других соединений (например, катализаторов), которые могут приносить загрязняющие вещества в последующую переработку. Кроме того, предшествующие системы выщелачивания на основе аминокислот, разработанные авторами изобретения, часто эффективны только в ограниченных физико-химических условиях, в частности, в ограниченном диапазоне рН раствора.

Было бы желательно предложить способ выщелачивания на основе аминокислот и раствор для выщелачивания, которые улучшали бы растворимость халькофильных металлов и/или драгоценных металлов. Также было бы желательно предложить способ выщелачивания на основе аминокислот и раствор для выщелачивания, которые были бы эффективны в более широком диапазоне условий процесса. Также было бы желательно предложить способ выщелачивания и раствор для выщелачивания, которые были бы эффективны в более широком диапазоне условий рН раствора. Кроме того, было бы желательно предложить способ выщелачивания и раствор для выщелачивания, которые ограничивали бы добавление новых реагентов и, следовательно, упростили бы химизм системы.

Вышеуказанные ссылки на предшествующий уровень техники не являются признанием того, что указанный уровень техники составляет часть общеизвестных общих знаний специалиста в данной области. Вышеуказанные ссылки также не предназначены для ограничения применения устройства и способа, раскрытых в данном изобретении.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Авторы настоящего изобретения неожиданно обнаружили, что использование выщелачивающего раствора, содержащего один или более высвободителей металла, содержащих аминокислоту (или ее производные, например, соли), и один или более удерживателей металла синергетически увеличивает скорость и/или степень растворения халькофильных и /или драгоценных металлов в растворе в широком диапазоне рН.

В контексте данного документа термин «высвободитель металла» относится к соединению, функция которого заключается в высвобождении целевого металла из выщелачиваемого материала. Высвободитель металла в данном случае представляет

собой выщелачиватель, как правило, содержащий аминокислоту или ее производное, обеспечивающие фазовый переход (т. е. из твердого состояния вещества в жидкий раствор), посредством чего ионы целевого металла образуют водные комплексы с выщелачивателем.

В контексте данного документа термин «удерживатель металла» относится к соединениям в водном растворе, которые образуют комплексы с высвобожденными ионами целевого(ых) металла(ов) и расширяют предел растворимости высвобождаемых ионов.

Было обнаружено, что аминокислота в чистом виде не способна удерживать в растворе целевые металлы в значительных концентрациях после их высвобождения. Это свойство не обязательно является проблемой, если обрабатываемый материал имеет низкую концентрацию целевого металла, например, если содержание в руде является низким. Драгоценные металлы, например, золото, как правило, присутствуют в рудах в низком содержании, например, в диапазоне частей на миллион (граммов на тонну). В отличие от этого, халькофильные металлы, например, никель и кобальт, как правило, имеют содержание в руде, выраженное в процентах (или, по меньшей мере, долю 1 %), что составляет разницу в 4 или 5 порядков. В последнем случае, поскольку целевого металла присутствует гораздо больше, требуется «удерживатель металла», чтобы удерживать халькофильный металл в растворе, при этом аминокислота действует как «высвободитель металла». Например, глицин, как правило, не способен удерживать в растворе более 5 г/л меди и более 8 г/л никеля. Это может быть проблематично при обработке материалов с высоким содержанием целевых металлов, например, электронных отходов. Например, электронные отходы могут иметь высокое содержание меди, что будет означать соответственно высокие концентрации меди в растворе, например, от 30 до 50 г/л.

Авторы изобретения обнаружили, что включение одного или более удерживателей металла в выщелачивающий раствор может заметно увеличить количество целевого металла, удерживаемого в растворе. Однако необходимость в удерживателе металла может быть не столь важной, когда целевой металл представляет собой драгоценный металл.

Авторы изобретения также обнаружили, что включение одного или более удерживателей металла в раствор для выщелачивания может заметно расширить физико-химические условия растворимости целевого металла в растворе, в частности, диапазон pH.

В первом аспекте, раскрыто изобретение способа извлечения одного или более целевых металлов, выбранных из драгоценных металлов и халькофильных металлов, как определено соответственно в данном документе, из материалов, содержащих драгоценный(е) и/или халькофильный(е) металл(ы), причем указанный способ включает:

(i) выщелачивание металлосодержащего материала водным раствором, содержащим:

«высвободитель металла», включающий аминокислоту; и

«удерживатель металла», включающий один или более из аммиака, аммониевых солей, карбоновых кислот, солей карбоновых кислот, дикарбоновых кислот, солей дикарбоновых кислот, гидроксикарбоновых кислот, солей гидроксикарбоновых кислот, этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) и солей ЭДТА,

с получением фильтрата, содержащего целевой(ые) металл(ы); и

(ii) извлечение металла из фильтрата.

Во втором аспекте описан целевой металл, извлекаемый вышеуказанным способом.

В контексте данного документа термин «аминокислота» означает органическое соединение, содержащее как карбоксильную ($-\text{COOH}$), так и аминную ($-\text{NH}_2$) функциональную группу. Для простоты рассмотрения термин «аминокислота» в контексте данного документа включает производные аминокислот. Производные могут включать соли аминокислот, например, соли щелочных металлов, например, глицинат натрия или калия, или соли щелочноземельных металлов, например, соли кальция, или аммониевые соли. Альтернативно или дополнительно производное может включать пептид.

Во многих случаях аминокислота содержит $-\text{CHR}$ или CH_2 группу. В большинстве случаев аминная группа ($-\text{NH}_2$) и карбоксильная группа ($-\text{COOH}$) соединяются с одной и той же соединительной группой $-\text{CHR}$ или $-\text{CH}_2$ и относятся к первичным α -аминокислотам. Группа «R» в соединительной группе $-\text{CHR}$ может принимать любую органическую структуру, например, от алифатических углеводородных групп до сложных органических структур, включая ароматические группы, гетероциклические группы и многоядерные группы, или различные другие органические группы. В своей простейшей форме R-группа представляет собой только водород, и в этом случае молекула превращается в простейшую первичную α -аминокислоту, называемую глицином. Аминокислота может включать один или более из глицина, гистидина, валина, аланина, фенилаланина,

цистеина, аспарагиновой кислоты, глутаминовой кислоты, лизина, метионина, серина, треонина и тирозина.

В варианте осуществления аминокислота может представлять собой глицин (Гли) (химически определяемый формулой $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$). Глицин представляет собой простую аминокислоту, которую легко и дешево производить в промышленных масштабах с наибольшей вероятностью промышленного использования. Приведенное ниже рассмотрение будет, главным образом, сосредоточено на применении глицина и его солей в качестве аминокислот, однако следует понимать, что изобретение распространяется на другие аминокислоты, в частности, на глутаминовую кислоту. «Глицин» может относиться к аминокислоте, широко известной под этим названием, или любой из ее солей (например, глицинату натрия или калия). Другие распространенные названия глицина включают аминоуксусную кислоту или аминоэтановую кислоту. В варианте осуществления аминокислота предложена в водном растворе гидроксида щелочного или щелочноземельного металла (например, гидроксида натрия или калия, или гидроксида кальция).

Глицин и/или его соли являются предпочтительными аминокислотами из-за их:

- крупномасштабного производства и массовой доступности;
- дешевизны производства;
- легкости транспортировки;
- химической и термической стабильности;
- высокой растворимости в воде;
- низкой цены; и
- низкой молекулярной массы.

Хотя вместо глицина (или в дополнение к нему) можно использовать другие аминокислоты, они, как правило, являются более дорогостоящими, и любое улучшение производительности часто не может быть оправдано дополнительными затратами, которые это влечет за собой. Глицин обладает очень высокой растворимостью в воде, термически стабилен и стабилен в присутствии слабых окислителей, например, разбавленной перекиси водорода, двуокиси марганца и кислорода. Он является нетоксичным, экологически безопасным и стабильным реагентом. Также он является дешевым и массово доступным. Возможность легкой регенерации, извлечения и повторного использования глицина в кислых растворах является одним из наиболее важных его свойств с экономической точки зрения.

В другом варианте осуществления аминокислота представляет собой глутаминовую кислоту. Глутаминовая кислота, как и глицин, также является дешевой и массово доступной. Однако ее значительно более высокая молекулярная масса, чем у глицина (147,13 г/моль по сравнению с 75,05 г/моль у глицина), означает, что с нею труднее обращаться, чем с глицином.

Концентрация аминокислоты в растворе может варьироваться от 0,01 до 250 граммов на литр. В некоторых вариантах осуществления концентрация может достигать 50 г/л. Наименьшая концентрация может составлять 0,01 г/л, хотя, как правило, она составляет по меньшей мере 0,1 г/л. В некоторых вариантах осуществления концентрация аминокислоты составляет по меньшей мере 0,3 г/л. Концентрация аминокислоты предпочтительно составляет по меньшей мере 1 г/л. В одном варианте осуществления концентрация аминокислоты составляет по меньшей мере 5 г/л, и может составлять по меньшей мере 7 г/л. В другом варианте осуществления концентрация аминокислоты составляет по меньшей мере 10 г/л.

Раствор предпочтительно не должен содержать специальных добавок одного или более потенциально оказывающих негативное воздействие соединений, например, тиосульфата, тиоцианата, тиомочевины, хлора, брома, соединений, содержащих плавиковую кислоту, солей переходных металлов и сильных окислителей, например, H_2O_2 . В большинстве случаев это будет означать, что раствор по существу не содержит этих оказывающих негативное воздействие соединений. Однако могут быть случаи, когда эти оказывающие негативное воздействие соединения возникают *in situ* в растворе из-за непредусмотренных реакций в растворе.

Удерживатель(и) металла предпочтительно выбран(ы) из следующей группы:

аммиак, соли аммония, карбоновые кислоты, соли карбоновых кислот, дикарбоновые кислоты, соли дикарбоновых кислот, гидроксикарбоновые кислоты, соли гидроксикарбоновых кислот, этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТА) и соли ЭДТА.

Примеры солей карбоновых кислот и солей дикарбоновых кислот включают соли ацетата, оксалата (например, оксалата железа), малоновой кислоты и муравьиной кислоты.

Примеры гидроксикарбоновых кислот и их солей включают соли глюконовой, лимонной, фумаровой, винной, янтарной, молочной и яблочной кислот.

В варианте осуществления удерживатель металла включает аммиак или аммониевую соль. Аммониевая соль может включать сульфат аммония. В альтернативном варианте, аммониевая соль может представлять собой галогенид аммония, например,

хлорид аммония, бромид аммония или иодид аммония. В другом варианте осуществления аммониевая соль может представлять собой карбонат аммония. В другом варианте осуществления аммониевая соль может представлять собой нитрат аммония. В другом варианте осуществления аммониевая соль может представлять собой оксалат аммония. В другом варианте осуществления аммониевая соль может представлять собой ацетат аммония.

В представленном способе аммиак или ионы аммония работают на образование комплексов с целевыми металлами для повышения их растворимости, а не просто добавляются для регулирования pH раствора. Соответственно, аммиак или ионы аммония должны присутствовать в растворе в концентрации, достаточной для выполнения функции удерживателя металла.

Концентрация удерживателя металла будет зависеть от типа и количества целевого металла в материале, который необходимо выщелачивать. В одном варианте осуществления концентрация удерживателя металла составляет по меньшей мере 0,001 М. В другом варианте осуществления концентрация удерживателя металла составляет по меньшей мере 0,005 М. В другом варианте осуществления концентрация удерживателя металла составляет по меньшей мере 0,01 М. В другом варианте осуществления концентрация удерживателя металла составляет по меньшей мере 0,05 М. В другом варианте осуществления концентрация удерживателя металла составляет по меньшей мере 0,1 М. В другом варианте осуществления концентрация удерживателя металла составляет по меньшей мере 0,2 М. В другом варианте осуществления концентрация удерживателя металла составляет по меньшей мере 0,5 М. В другом варианте осуществления концентрация удерживателя металла составляет по меньшей мере 0,7 М. В другом варианте осуществления концентрация удерживателя металла составляет по меньшей мере 0,75 М. В другом варианте осуществления концентрация удерживателя металла составляет по меньшей мере 0,8 М. В другом варианте осуществления концентрация удерживателя металла составляет по меньшей мере 0,9 М. В другом варианте осуществления концентрация удерживателя металла составляет по меньшей мере 1,0 М. В другом варианте осуществления концентрация удерживателя металла составляет по меньшей мере 1,2 М. В другом варианте осуществления концентрация удерживателя металла составляет по меньшей мере 1,5 М. В другом варианте осуществления концентрация удерживателя металла составляет по меньшей мере 1,7 М. В другом варианте осуществления концентрация удерживателя металла составляет по меньшей мере 2 М.

Концентрация удерживателя металла может иметь наибольшее значение 2,5 М. В одном варианте осуществления концентрация удерживателя металла может иметь наибольшее значение 2 М. В другом варианте осуществления концентрация удерживателя металла имеет наибольшее значение 1,5 М. В другом варианте осуществления концентрация удерживателя металла имеет наибольшее значение 1,25 М. В другом варианте осуществления концентрация удерживателя металла имеет наибольшее значение 1,2 М. В другом варианте осуществления концентрация удерживателя металла имеет наибольшее значение 1 М. В другом варианте осуществления концентрация удерживателя металла имеет наибольшее значение 0,75 М.

В тех случаях, когда удерживатель металла включает аммиак или ионы аммония, эквивалентная концентрация аммиака для выщелачивания драгоценных металлов может составлять не менее 50 м.д. (3 ммоль/л). В варианте осуществления наименьшая концентрация аммиака для выщелачивания драгоценных металлов может составлять 100 м.д. (6 ммоль/л). В тех случаях, когда удерживатель металла включает аммиак или ионы аммония, диапазон эквивалентной концентрации аммиака для выщелачивания халькофильных металлов может составлять не менее 1000 м.д. (60 ммоль/л). В обоих случаях наибольшая концентрация аммиака может составлять 85000 м.д. (5 моль/л).

Масса удерживателя металла в растворе может составлять по меньшей мере половину массы высвободителя металла в растворе. Массовое отношение высвободителя металла к удерживателю металла может составлять 10:1 или ниже, например, 7:1 или ниже. В варианте осуществления массовое отношение высвободителя металла к удерживателю металла составляет 5:1 или ниже, например, 3:1 или ниже. В другом варианте осуществления массовое отношение высвободителя металла к удерживателю металла составляет 2:1 или ниже, например, 2:1,5 или ниже. В другом варианте осуществления массовое отношение высвободителя металла к удерживателю металла может составлять 2:1,7 или ниже. В другом варианте осуществления массовое отношение высвободителя металла к удерживателю металла может составлять 2:1,8 или ниже. В другом варианте осуществления массовое отношение высвободителя металла к удерживателю металла может составлять 1:1 или ниже. В другом варианте осуществления массовое отношение высвободителя металла к удерживателю металла может составлять 1:1,5 или ниже.

В фильтрате молярное отношение между ионами целевого металла в растворе и удерживателем металла может составлять по меньшей мере 1:2. Молярное отношение может достигать 1:8. В одном варианте осуществления молярное отношение может

составлять по меньшей мере 1:2,5. В другом варианте осуществления молярное отношение может составлять по меньшей мере 1:3. В другом варианте осуществления молярное отношение может составлять по меньшей мере 1:4. В еще одном варианте осуществления молярное отношение может составлять по меньшей мере 1:5.

Процесс выщелачивания может проводиться в присутствии окислителя. Предпочтительно, окислитель не является сильным окислителем, таким как H_2O_2 . Примеры простых окислителей, которые могут быть использованы, включают воздух (в газообразном и растворенном состоянии) и кислород (в газообразном и растворенном состоянии). Также могут быть использованы другие окислители, которые могут включать галогены, ионы железа или меди, озон, нитрат, хлорит, гипохлорит, персульфат и йод.

Процесс выщелачивания можно проводить таким образом, чтобы выщелачивающий раствор дополнительно включал небольшое количество катализатора. Катализатор может быть выбран из йода и/или йодида, брома и/или бромида, тиомочевины и цианидов или их смесей.

Выщелачивающий раствор может быть кислым, нейтральным или щелочным. В варианте осуществления рН раствора составляет по меньшей мере 3. В другом варианте осуществления рН раствора составляет по меньшей мере 3,5. В другом варианте осуществления рН раствора составляет по меньшей мере 4. В другом варианте осуществления рН раствора менее 13. В другом варианте осуществления рН раствора менее 12. В другом варианте осуществления рН раствора менее 11. В другом варианте осуществления рН раствора не выше 10,5. В другом варианте осуществления рН раствора не выше 10.

В одном варианте осуществления стадию выщелачивания (i) проводят в кислых условиях. Процесс можно проводить с использованием умеренно кислого раствора, имеющего рН в диапазоне от 0 до 7. В другом варианте осуществления рН находится в диапазоне от 1 до 6. В другом варианте осуществления рН находится в диапазоне от 3 до 6. В другом варианте осуществления рН находится в диапазоне от 4 до 6.

В другом варианте осуществления стадию выщелачивания (i) проводят в щелочной среде. Процесс можно проводить с использованием выщелачивателя, имеющего рН раствора менее 13. В другом варианте осуществления рН раствора менее 12. В другом варианте осуществления рН раствора менее 11. В другом варианте осуществления рН раствора не выше 10,5. В другом варианте осуществления рН раствора не выше 10.

При необходимости в раствор может быть добавлен модификатор pH для регулирования pH. Для снижения pH модификатором pH может быть любая кислота (органическая или неорганическая), например, серная кислота. Кислообразование также может происходить в результате окисления сульфидных минералов *in situ* в присутствии кислорода (или другого окислителя) и воды, или водами, имеющими естественную кислотность, а также водами, полученными из кислых шахтных стоков или дренажей кислых пород. Если вместо этого желательно повысить pH, к раствору могут быть добавлены щелочные соединения, например, NaOH.

Материал, содержащий драгоценный металл и/или халькофильный металл, может содержать руду или рудный концентрат (в данном документе для простоты рассмотрения совместно именуемые «рудой»). В альтернативном варианте материал может содержать отходы, включая отходы добычи полезных ископаемых, например, хвосты, промышленные отходы, например, летучую золу или электронный мусор («электронных отходов»), например, компьютеры, клавиатуры, телевизоры, мобильные телефоны и т. д. Материалом также могут быть электрические и бытовые отходы. Материалом может быть окалина, шлаки, колошниковая пыль и штейн, полученные в результате операций пирометаллургической обработки. Вместе с тем, материалом может быть промежуточный продукт горнодобывающего или металлургического процесса, например, осадки, остатки или металлосодержащие отстои, или шламы (например, полученные в результате электроэкстракции и электрорафинирования). Материалом могут быть загрязненные металлами грунты. Хотя последующее рассмотрение будет сосредоточено на применении способа извлечения для обработки руд, следует понимать, что он не ограничивается этим и применим ко всем твердым материалам, содержащим драгоценные металлы и/или халькофильные металлы.

Материалы, содержащие драгоценный металл и/или халькофильный металл, чаще всего встречаются в виде сульфидных минералов в рудах, хотя также могут широко встречаться оксиды, арсениды, сульфоарсениды, самородные металлы, теллуриды, сульфаты, карбонаты, хлориды, силикаты, гидроксидированные соли и гидроксидные минералы.

В варианте осуществления указанным способом извлекают недорогие металлы. Способ применим для извлечения никеля, кобальта или меди. Это, в частности, применимо для извлечения никеля и кобальта, например, из никелевых и кобальтовых руд.

Указанный способ может быть применим для извлечения таких металлов, как медь, из электронных отходов.

В варианте осуществления выщелачивание может происходить «in situ» или «in place» (т. е. в подземном массиве горных пород с использованием группы скважин). В другом варианте осуществления выщелачивание может включать выщелачивание из отвалов, например, посредством выщелачивания взорванных, но недробленных частиц, как правило, менее 200 мм. В другом варианте осуществления выщелачивание может включать кучное выщелачивание, например, посредством выщелачивания крупных измельченных частиц, как правило, менее 25 мм. В другом варианте осуществления выщелачивание может включать чановое выщелачивание, например, посредством выщелачивания мелко дробленных частиц, как правило, менее 4 мм. В другом варианте осуществления выщелачивание может включать чановое выщелачивание с перемешиванием, например, посредством выщелачивания измельченного материала с частицами, как правило, менее чем около 0,1 мм/100 микрометров. В другом варианте осуществления выщелачивание может происходить в автоклавах для выщелачивания под давлением и может включать выщелачивание частиц, размер которых, как правило, менее 100 микрометров.

В тех случаях, когда удерживатель металла включает аммиак или ионы аммония, процесс выщелачивания предпочтительно не включает выщелачивание in situ, отвальное или кучное выщелачивание, учитывая, что аммиак испаряется и является потенциально токсичным.

Процесс извлечения можно проводить в диапазоне температур, при которых вода остается в жидком состоянии при заданном давлении в системе. В варианте осуществления процесс проводят при температуре окружающей среды или слегка повышенной температуре. Процесс можно проводить при температуре от -10 °C до 200 °C, например, от 0 °C до 100 °C. Если температура повышена, то она может составлять не менее 30 °C, например, по меньшей мере 40 °C. Наибольшая температура может быть точкой кипения раствора. В одном варианте осуществления процесс можно проводить при температуре до 75 °C. В другом варианте осуществления процесс проводят при температуре от 20 °C до 65 °C.

Процесс извлечения удобно проводить при атмосферном давлении (от среднего уровня моря до низкого атмосферного давления на высоте около 6000 метров выше среднего уровня моря). Однако в некоторых вариантах осуществления процесс можно проводить при повышенном давлении или при давлении ниже атмосферного. Давление может находиться в диапазоне от 0,01 бар до 1000 бар. Однако, как правило, оно находится в диапазоне от 0,5 до 1,5 бар.

Стадия выщелачивания может происходить в присутствии различных количеств

растворенного кислорода, который может быть обеспечен, например, посредством аэрации или оксигенации. Концентрации растворенного кислорода (DO) могут варьироваться от 0,1-100 миллиграммов на литр в растворе, например, от 2 до 30 мг/л, в зависимости от потребности в кислороде (OD) СРМ в растворе и давления процесса выщелачивания.

В процессе может быть использована вода различного типа, т. е. водопроводная, речная, морская, а также соленые и гипергалинные рассолы, имеющие значительное содержание растворенных солей, включающих ионы натрия, магния, кальция, хлорида, сульфата и карбоната в растворах.

Материалы, содержащие драгоценный металл и/или халькофильный металл, вступают в реакцию с выщелачивающим агентом для выщелачивания целевого металла(ов) в фильтрат. Не желая ограничиваться теорией, считается, что высвободитель металла (как правило, аминокислота) растворяет целевой металл из материала. Присутствие удерживателя металла дополнительно увеличивает высвобождение металла из материала, а также образует комплексы с целевым(и) металлом(ами) в большей степени, чем аминокислоты в чистом виде.

Отношение твердых материалов, содержащих драгоценный металл и/или халькофильный металл, к выщелачивателю может варьироваться. Например, в случае выщелачивания *in-situ* соотношение твердой и жидкой фаз, вероятно, будет высоким, например, до 100:1. При чановом выщелачивании с перемешиванием соотношение твердой и жидкой фаз, вероятно, будет намного ниже, например, около 50:50 или 1:1 по весу (т. е. 50 кг твердой фазы на 50 кг водного раствора). В случае выщелачивания минеральных концентратов соотношение может быть еще ниже, например, около 10 кг твердой фазы на 90 кг водного раствора (т. е. 1:9). Помимо присутствия некоторого количества твердой фазы, содержащей металл/минерал, минимального количества твердой фазы по отношению к (содержащей выщелачиватель) жидкой фазе не существует.

Соответственно, система выщелачивания, используемая в раскрытом в изобретении способе, включает как минимум следующие компоненты:

- Твердый материал, содержащий интересующие драгоценные металлы и/или халькофильные металлы.
- Ионизирующий растворитель, например, воду.
- Необязательно, модификатор pH, например, сильную неорганическую кислоту (например, серную кислоту) или основание (например, NaOH).

- Высвободитель металла, как правило, включающий аминокислоту.
- Удерживатель металла, включающий один или более из аммиака, аммониевых солей, карбоновых кислот, солей карбоновых кислот, дикарбоновых кислот, солей дикарбоновых кислот, гидроксикарбоновых кислот, солей гидроксикарбоновых кислот, этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) и солей ЭДТА, Удерживатель металла может быть предварительно получен перед добавлением в раствор либо образован *in-situ* в растворе.

После выщелачивания металлы могут быть извлечены из водного раствора с использованием одной из стадий извлечения.

Возможные стадии извлечения могут включать химическое извлечение, например, посредством извлечения металла в твердом состоянии (например, металл, полученный электролизом, металлические порошки, осажденные водородом, или в виде осадка сульфида металла). Драгоценные металлы также могут быть извлечены посредством осаждения цинка (например, процесс Меррилла-Кроу, широко используемый для извлечения драгоценных металлов из раствора). Альтернативная стадия извлечения может включать использование ионообменных (IX) смол, органических растворителей для экстракции растворителем (SX), активированного угля, смол для молекулярного распознавания (MR) или адсорбентов с покрытием (CA), которые могут включать полиэтилениммин (PEI) с диатомовым покрытием, феррожидкости и СРМ-селективные органические адсорбенты, привитые к твердым матрицам. Металл предпочтительно не извлекают посредством добавления карбонизирующего агента (например, CO_2 или карбонатной соли) для осаждения металла в виде карбоната металла.

Если целевой металл представляет собой халькофильный металл, стадия извлечения может включать экстракцию растворителем (SX). Стадия извлечения может дополнительно включать стадию электрохимического выделения (EW). В варианте осуществления стадия извлечения включает экстракцию растворителем и электрохимическое выделение (SX/EW). В процессе SX/EW ионы металлов селективно извлекают из водного выщелачивающего раствора в растворитель. Затем ионы металлов отделяют от растворителя и осаждают на электродах посредством электролитического процесса.

Если целевым металлом является драгоценный металл, стадия извлечения может включать использование активированного угля для адсорбции на нем драгоценного металла. Затем активированный уголь и адсорбированный драгоценный металл отделяют и

обрабатывают с извлечением адсорбированного металла.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Несмотря на любые другие формы, которые могут подпадать под объем устройства и способа, изложенных в разделе Сущность изобретения, теперь будут описаны конкретные варианты осуществления, только для примера, со ссылкой на прилагаемые графические материалы, где:

На Фиг. 1 проиллюстрирован график извлечения никеля (%) в зависимости от времени (ч) в растворах при рН 10, 40 % твердой фазы при комнатной температуре, содержащих в качестве выщелачивателей:

ГлиАмм: 46,3 г/л глицина, 63 г/л (0,5 М сульфата аммония) (ромбы);

Гли: 46,3 г/л глицина (треугольники);

Амм: 63 г/л (0,5 М сульфата аммония) (квадраты).

На Фиг. 2 проиллюстрирован график извлечения кобальта (%) в зависимости от времени (ч) в растворах при рН 10, 40 % твердой фазы при комнатной температуре, содержащих в качестве выщелачивателей:

ГлиАмм: 46,3 г/л глицина, 63 г/л (0,5 М сульфата аммония) (ромбы);

Гли: 46,3 г/л глицина (треугольники);

Амм: 63 г/л (0,5 М сульфата аммония) (квадраты).

На Фиг. 3 проиллюстрирован график извлечения меди (%) из халькопирита в зависимости от времени (ч) с использованием растворов аминокислот в отсутствие или в присутствии 0,3 М различных добавок. Растворы аминокислот: глицин (крестики), глутаминовая кислота (незаштрихованные кружочки), глицин и аммиак (заштрихованные кружочки), глутаминовая кислота и аммиак (квадраты), глицин и ацетат (ромбы), глицин и цитрат (треугольники).

На Фиг. 4 проиллюстрирован график извлечения меди (%) в зависимости от времени (ч) с использованием растворов глицина в отсутствие (квадраты) либо в присутствии (кружочки) аммиака.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ КОНКРЕТНЫХ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

ПРИМЕРЫ

Ниже описаны неограничивающие примеры способа извлечения одного или более элементов, выбранных из драгоценных металлов и халькофильных металлов. Для выщелачивателей используются следующие сокращения: «ГлиАмм» используется для системы глицин-аммоний, «Гли» относится к глицину, «Амм» относится к аммонии. Давление и температура во всех примерах составляли 1 атмосферу и комнатную температуру (20 град.С), соответственно.

Пример 1.

Слив гидроциклона никелевой руды, содержащей 0,67 % Ni, выщелачивали раствором, содержащим 46,3 г/л глицина и 63 г/л (0,5 М сульфата аммония) (ГлиАмм) при pH 10 и 40 % твердой фазы при комнатной температуре. Извлечение никеля в зависимости от времени сравнивали с извлечением никеля при использовании двух других выщелачивателей, содержащих 46,3 г/л глицина (Гли) и 63 г/л (0,5 М сульфата аммония) (Амм), соответственно, в тех же условиях. Результаты представлены на Фиг. 1. Можно увидеть, что извлечение никеля значительно выше при выщелачивании раствором ГлиАмм (ромбы), чем при выщелачивании раствором Гли (треугольники) или раствором Амм (квадраты). Кроме того, извлечение никеля при выщелачивании раствором ГлиАмм больше, чем суммарное извлеченное количество с использованием растворов Гли и Амм, что свидетельствует о синергетическом эффекте раствора ГлиАмм.

Пример 2.

Слив гидроциклона никель-кобальтового рудного концентрата, содержащего 0,15 % Co, выщелачивали раствором, содержащим 46,3 г/л глицина и 63 г/л (0,5 М сульфата аммония) (ГлиАмм) при pH 10 и 40 % твердой фазы при комнатной температуре. Извлечение кобальта в зависимости от времени сравнивали с извлечением кобальта при использовании двух других выщелачивателей, содержащих 46,3 г/л глицина (Гли) и 63 г/л (0,5 М сульфата аммония) (Амм), соответственно, в тех же условиях. Результаты представлены на Фиг. 2. Аналогично, как для извлечения никеля в примере 1, видно, что извлечение кобальта также значительно выше при выщелачивании раствором ГлиАмм (ромбы), чем при выщелачивании раствором Гли (треугольники) или раствором Амм (квадраты). Кроме того, извлечение кобальта при выщелачивании раствором ГлиАмм больше, чем суммарное извлеченное количество с использованием растворов Гли и Амм, что свидетельствует о синергетическом эффекте раствора ГлиАмм.

Пример 3.

Пылевидный халькопиритовый концентрат выщелачивали в бутылочном агитаторе двумя выщелачивающими растворами: раствором Гли, содержащим 0,5 М глицина, и раствором ГлиАмм, содержащим 0,5 М глицина и 1 М аммиака. В обоих случаях выщелачивание проводили при комнатной температуре, рН 10 и скорости бутылочного агитатора 100 об/мин. Результаты представлены в таблице 1. Видно, что извлечение драгоценных металлов золота и серебра было значительно выше (вплоть до 5-кратного для золота) в системе ГлиАмм. Извлечение меди также было намного выше при выщелачивании с использованием ГлиАмм: 85 % по сравнению с 50 % при выщелачивании только глицином.

Таблица 1

	Au	Ag	As	Cu	Ni	Zn	Al	Ca
	мкг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л
Гли (0,5 М глицина)	5	0,017	0,5	460	НПО	15,5	2	6
ГлиАмм (0,5 глицина +1 М аммиака)	27	0,041	0,9	803	НПО	21,5	1,5	22
	% извл.		Гли	50,0				
			ГлиАмм	85,5				

НПО= ниже предела обнаружения

Пример 4.

Халькопиритную руду, содержащую 22,1 % меди, выщелачивали различными растворами на основе аминокислот в следующих условиях: 10 г/л аминокислот, 1 % содержания твердой фазы, размер частиц: 100 % - 45 мкм, рН 10,5 и при комнатной температуре. Результаты показаны на Фиг. 3, где извлечение меди (%) представлено в виде зависимости от времени выщелачивания (часы). Растворы аминокислот содержат глицин или глутаминовую кислоту в чистом виде либо в присутствии 0,3 М различных соответствующих добавок. Растворы аминокислот: глицин (крестики), глутаминовая кислота (незаштрихованные кружочки), глицин и аммиак (заштрихованные кружки), глутаминовая кислота и аммиак (квадраты), глицин и ацетат (ромбы), глицин и цитрат (треугольники).

Результаты показывают, что выщелачивание глицином либо глутаминовой кислотой усиливается в присутствии удерживателей металла, например, аммиака, ацетат-ионов или цитрат-ионов. Как правило, растворы на основе глицина обеспечивают большее извлечение, чем растворы на основе глутаминовой кислоты, при любом заданном времени выщелачивания. Из трех удерживателей металла, проиллюстрированных на Фиг. 3, аммиак обеспечивает наибольшее улучшение растворимости меди, а комбинация глицина и аммиака обеспечивает самое высокое извлечение меди (90 % извлечения после 48-часового выщелачивания).

Пример 5.

Осадок смешанного гидроксида (ОСГ — промежуточный продукт, образующийся в процессе гидрометаллургической переработки никелевой латеритной руды), содержащий 30 % Ni и 2,5 % Co, выщелачивали соответствующими растворами глицина с аммиаком и без него. В каждом случае условия в растворе были следующими: 40 г/л глицина, 1 % содержания твердой фазы, pH 10, при комнатной температуре и времени выщелачивания 4 часа. Раствор ГлиАмм дополнительно содержал 0,3 М аммиака.

Результаты представлены в таблице 2 ниже:

Таблица 2

	Глицин	Глицин-аммиак
% Ni	98,8	100
% Co	75,3	98,6

Хотя было достигнуто несколько более высокое извлечение никеля, когда в выщелачивающем растворе присутствовал аммиак, было достигнуто значительно более высокое (> 20 %) извлечение кобальта при использовании раствора ГлиАмм.

Пример 6.

Смесь солей меди и никеля (сульфатов) растворяли при комнатной температуре в щелочных растворах (pH 10,5), содержащих аминокислоты с удерживателем металла и без него. Каждый раствор содержал 1 М аминокислоты и, при необходимости, 1 М удерживателя металла. Результаты представлены ниже в таблице 3.

Таблица 3

	Глицин	Глутаминовая кислота	Глицин-аммиак	Глицин+ глюконовая кислота	Глицин + цитрат	Глицин + ЭДТА
Сu г/л	4,5	5,6	25,2	26,2	25,3	29,5
Ni г/л	8,5	7,5	27,1	28,0	27,3	28,5

Результаты показывают, что в условиях данного конкретного образца наблюдалось относительно низкое извлечение меди и никеля при обработке образца растворами, содержащими глутаминовую кислоту или глицин *per se*. Результаты извлечения значительно улучшились, когда к растворам аминокислот были соответственно добавлены удерживатели металла. В большинстве случаев концентрация никеля была выше концентрации меди в каждом растворе. Аналогичные результаты извлечения наблюдались, когда удерживателями металла были ионы аммиака или цитрат-ионы. Несколько более высокие результаты извлечения наблюдались, когда глюконовая кислота была удерживателем металла. Наибольшее извлечение получали при использовании комбинации глицина и ЭДТА.

Пример 7

Образец медноокисной руды, содержащий 66 % малахита, 16,7 % кварца и 3,35 % гематита, выщелачивали в 20 г/л глицина в отсутствие и в присутствии 0,3 М аммиака при рН 10,5 и при комнатной температуре. Результаты показаны на Фиг. 4, где проиллюстрирован график извлечения меди (%) в зависимости от времени выщелачивания (часы). Квадратами показано извлечение меди в отсутствие аммиака, а кружочками показано извлечение меди в присутствии аммиака. В присутствии аммиака извлечение меди достигало 100 % через 6 часов. Однако в отсутствие аммиака максимальное извлечение составляло лишь около 90 %.

Пример 8

Образец, состоящий из отходов металлооксидных щелочных батарей, содержащих 43 % Zn, 51 % Mn и 0,5 % Cu, выщелачивали в растворе, содержащем 20 г/л глицина, в отсутствие и в присутствии (соответственно) 0,4 М аммиака при рН 10,5 и при комнатной температуре в течение 24 часов. Образец также выщелачивали в растворе, содержащем 20 г/л глутаминовой кислоты и 0,4 М аммиака. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4

	Глицин	Глицин-аммиак	Глутаминовая кислота-аммиак
% Zn	32	85,2	81,3
% Cu	70,2	85	80,7
% Mn	0,1	2,1	0,5

Результаты показывают очень хорошую селективность в отношении цинка и меди по сравнению с марганцем. Кроме того, наблюдается значительное улучшение извлечения каждого из цинка и меди при выщелачивании отходов комбинацией глицина и аммиака по сравнению с выщелачиванием только глицином. Кроме того, выщелачивание комбинацией глицина и аммиака также увеличивает извлечение обоих металлов по сравнению с выщелачиванием глутаминовой кислотой и аммиаком.

Пример 9

Материал, содержащий сульфид никеля в виде пентландита и содержащий 17 % Ni, 0,45 % Co и 0,15 % Zn, выщелачивали растворами на основе глицина с содержанием аминокислот (глицина) 20 г/л, при pH 10 и при комнатной температуре. В первом выщелачивающем растворе для выщелачивания пентландита использовали смесь глицина (20 г/л) с аммиаком (10 г/л NH₃). В процессе выщелачивания pH доводили до pH 10, при необходимости, дополнительным добавлением аммиака. Во втором выщелачивающем растворе использовали только растворы глицина, а гидроксид натрия (NaOH) использовали для доведения pH, при необходимости.

Результаты выщелачивания первым и вторым растворами представлены в таблицах 5 и 6 соответственно.

Таблица 5

	Ni	Co	Zn	S	Fe	Mg
Металлы на входе (г)	4,46	0,122	0,041	2,729	2,172	3,90
Металлы из остатка (г)	0,746	0,04	0,009	1,0943	1,4823	3,24
Металлы из раствора (г)	3,65	0,092	0,028	1,9520	0,457	0,27
Всего извлечено (г)	4,40	0,128	0,037	3,0463	1,9393	3,51
% Извлечения	81,9	75,5	69,1	71,53	21,0	6,86
% Извлечения раств./ост.	83,0	71,95	75,10	64,1	23,6	7,6

Таблица 6

	Ni	Co	Zn	S	Fe	Mg
Металлы на входе (г)	4,458	0,122	0,041	2,729	2,172	3,902
Металлы из остатка (г)	0,860	0,038	0,022	0,589	1,503	3,296
Металлы из раствора (г)	3,007	0,070	0,011	1,877	0,230	0,079
Всего извлечено (г)	3,867	0,109	0,033	2,466	1,733	3,375
% Извлечения	67,4	57,8	27,1	68,8	10,6	2,0
% Извлечения раств./ост.	77,8	64,6	33,8	76,1	13,3	2,3

Результаты в таблицах 5 и 6 демонстрируют значительно лучшее извлечение никеля, кобальта и цинка при использовании выщелачивающего раствора, содержащего аммиак в комбинации с глицином, по сравнению с выщелачивающим раствором, содержащим только NaOH для доведения pH.

Этот же материал также выщелачивали кислым выщелачивающим раствором, содержащим глицин и цитрат, при pH раствора 4. Раствор содержал 20 г/л глицина и 20 г/л лимонной кислоты. Результаты представлены ниже в таблице 7.

Таблица 7

	Ni	Co	Zn	S	Fe	Mg
Металлы на входе (г)	4,46	0,122	0,041	2,729	2,172	3,90
Металлы из остатка (г)	0,879	0,04	0,008	1,0777	1,1507	2,41
Металлы из раствора (г)	3,45	0,085	0,029	1,9820	0,857	0,47
Всего извлечено (г)	4,33	0,122	0,037	3,0597	2,0077	2,88
% Извлечения	77,4	69,9	71,6	72,63	39,4	12,05
% Извлечения раств./ост.	79,7	69,40	79,18	64,8	42,7	16,3

Результаты, представленные в таблице 7, показывают, что относительно высокие результаты извлечения Ni, Co и Zn также могут быть достигнуты при кислых значениях pH посредством выщелачивания раствором глицина и цитрата вместо раствора глицина и аммиака. Кислотное выщелачивание может быть желательным для определенных типов рудных материалов, а также электронных отходов. Однако в этих кислых условиях отмечается потеря селективности целевых металлов по отношению к другим элементам в материале, в частности к Fe и Mg. Поэтому может оказаться необходимым включение стадии нейтрализации после стадии выщелачивания и позже осаждение других элементов из раствора.

Пример 10

Провели испытание на извлечение драгоценных металлов, включая палладий и платину, из никелевого концентрата с использованием выщелачивающего раствора, содержащего аминокислоту и аммиак. В таблице 8 приведено содержание металлов в испытанном никелевом концентрате, содержащем драгоценные металлы и металлы платиновой группы (МППГ).

Таблица 8

Образец	Au, м.д.	Ag, м.д.	Pd, м.д.	Pt, м.д.	Ni, %	Fe, %	Ca, %	Mg, %	S, %	Mn, %	Co, %	Zn, %	Cu, %
конц. Ni	0,51	1,5	1,08	0,3	6,1	33,5	0,33	4,04	6,04	0,09	0,12	0,012	0,30

В таблице 9 приведены условия выщелачивания и извлекаемые металлы (%) из никелевого концентрата, содержащего драгоценные металлы и МППГ (палладий и платину) при выщелачивании раствором, содержащим 0,5 моль/л глицина и 1,1 моль/л аммиака при pH 10,2.

Таблица 9

Условия выщелачивания и извлечение металлов	Ni-конц.
Твердая фаза, %	10
Аммиак, моль	1,1
Глицин, моль	0,5
Период времени выдерживания, час	72
Извлечение Ni, %	90,9
Извлечение Co, %	85,5
Извлечение Pd, %	44,5
Извлечение Au, %	60,1
Извлечение Pt, %	19,9
Извлечение Ag, %	51,2

Результаты в таблицах 8 и 9 показывают, что высокие результаты извлечения никеля и кобальта и от приемлемого до хорошего результаты извлечения драгоценных металлов, включающих Au, Ag, Pd и Pt, могут быть достигнуты при щелочном pH посредством выщелачивания раствором глицина и аммиака.

Пример 11

Провели испытание на извлечение драгоценных металлов, включая палладий и платину, из образца оксида, содержащего золото и металлы платиновой группы (МПП), с использованием выщелачивающего раствора, содержащего аминокислоту и аммиак В таблице 10 приведено содержание металлов в исследуемом образце оксида.

Таблица 10

Образец	Au, м.д.	Pd, м.д.	Pt, м.д.
Образец оксида	0,05	2,53	0,38

В системе глицин-аммиак было обнаружено, что повышение одного или более из температуры, рН, концентрации глицина и растворенного кислорода увеличивает количество извлеченных драгоценных металлов (включая палладий и платину). Выщелачивающий раствор содержал 0,5 моль/л глицина и 1,1 моль/л аммиака при рН 10,2. Содержание твердой фазы, условия выщелачивания и % извлеченных металлов приведены в таблице 11 ниже.

Таблица 11

Условия выщелачивания и извлечение металлов	Образец оксида
Твердая фаза, %	12,5
Аммиак, моль	1,1
Глицин, моль	0,5
Период времени выдерживания, час	48
Извлечение Pd, %	44,1
Извлечение Au, %	52,1
Извлечение Pt, %	17,9

Результаты в таблицах 10 и 11 показывают, что от приемлемого до хорошего результаты извлечения драгоценных металлов, включающих Au, Pd и Pt, могут быть достигнуты при щелочном рН посредством выщелачивания раствором глицина и аммиака.

Несмотря на то, что было описано несколько конкретных вариантов осуществления способа, следует понимать, что указанный способ может быть реализован во многих других формах.

В приведенной ниже формуле изобретения и в предшествующем описании, за исключением случаев, когда контекст требует иного из-за явной формулировки или необходимого подтекста, слово «содержать» и варианты, например, «содержит» или «содержащий», используется в широком смысле, т. е. для указания наличия указанных признаков, но не исключая наличие или добавление дополнительных признаков в различных вариантах осуществления устройства и способа, описанных в данном документе.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ извлечения одного или более целевых металлов, выбранных из драгоценных металлов и халькофильных металлов, как определено соответственно в данном документе, из материалов, содержащих драгоценный(е) и/или халькофильный(е) металл(ы), включающий:
 - (i) выщелачивание металлосодержащего материала водным выщелачивающим раствором, содержащим:
 - «высвободитель металла», включающий аминокислоту; и
 - «удерживатель металла», включающий один или более из аммиака, аммониевых солей, карбоновых кислот, солей карбоновых кислот, дикарбоновых кислот, солей дикарбоновых кислот, гидроксикарбоновых кислот, солей гидроксикарбоновых кислот, этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) и солей ЭДТА,с получением фильтрата, содержащего целевой(ые) металл(ы); и
 - (ii) извлечение металла из фильтрата.
2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что один или более целевых металлов выбраны из золота, серебра, палладия, платины, меди, никеля, кобальта и цинка.
3. Способ по п. 1 или 2, отличающийся тем, что аминокислота включает один или более из глицина, гистидина, валина, аланина, фенилаланина, цистеина, аспарагиновой кислоты, глутаминовой кислоты, лизина, метионина, серина, треонина и тирозина.
4. Способ по п. 3, отличающийся тем, что аминокислота включает глицин или глутаминовую кислоту.
5. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что концентрация аминокислоты в растворе находится в диапазоне от 0,01 до 250 граммов на литр.
6. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что раствор по существу не содержит специальных добавок тиомочевины и/или солей переходных металлов.

7. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что удерживатель металла включает аммиак или аммониевую соль.
8. Способ по п. 7, отличающийся тем, что аммониевая соль выбрана из сульфата аммония, галогенида аммония, карбоната аммония, нитрата аммония, оксалата аммония и ацетата аммония.
9. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что удерживатель металла присутствует в растворе в концентрации по меньшей мере 0,001 М.
10. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что молярное отношение между ионами целевого металла в растворе и удерживателем металла может составлять по меньшей мере 1:2.
11. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что выщелачивание проводят в присутствии окислителя, выбранного из воздуха (в газообразном и растворенном состоянии) и кислорода (в газообразном и растворенном состоянии).
12. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что выщелачивание проводят в присутствии небольшого количества катализатора.
13. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что выщелачивание проводят в щелочной среде.
14. Способ по любому из пп. 1–12, отличающийся тем, что выщелачивание проводят в кислой среде.
15. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что материал, содержащий драгоценный металл и/или халькофильный металл, выбран из руды, рудного концентрата, отходов, промежуточного продукта горнодобывающего или металлургического процесса, или загрязненной металлом почвы.

16. Способ по п. 1, отличающийся тем, что один или более целевых металлов не являются драгоценными металлами.
17. Способ по п. 16, отличающийся тем, что один или более целевых металлов выбраны из никеля, кобальта и меди.
18. Способ по п. 17, отличающийся тем, что целевые металлы выбраны из никеля и кобальта.
19. Способ по п. 17, отличающийся тем, что металлсодержащий материал представляет собой никелевую и/или кобальтовую руду.
20. Способ по п. 16, отличающийся тем, что целевым металлом является медь.
21. Способ по п. 19, отличающийся тем, что металлсодержащим материалом являются отходы производства электрического и электронного оборудования.
22. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что выщелачивающий раствор содержит растворенный кислород в концентрации 0,1–100 миллиграммов на литр.
23. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что массовое отношение высвободителя металла к удерживателю металла составляет по меньшей мере 2:1.
24. Целевой металл, извлеченный способом по любому из пп. 1–23.

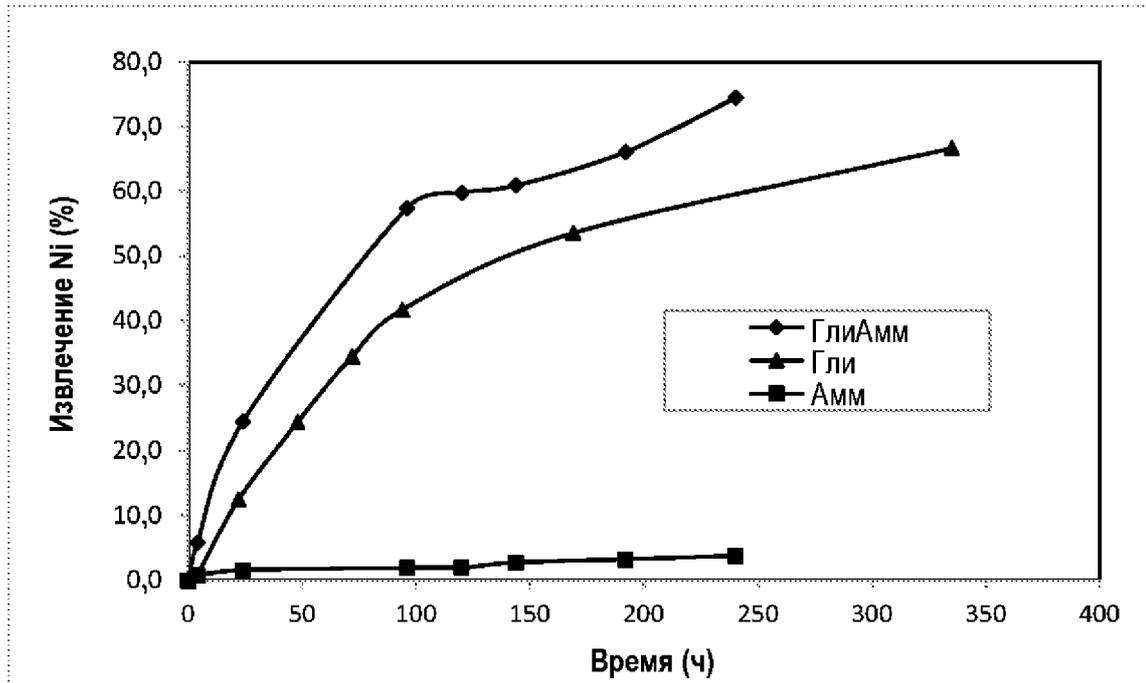
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

(измененная на международной стадии)

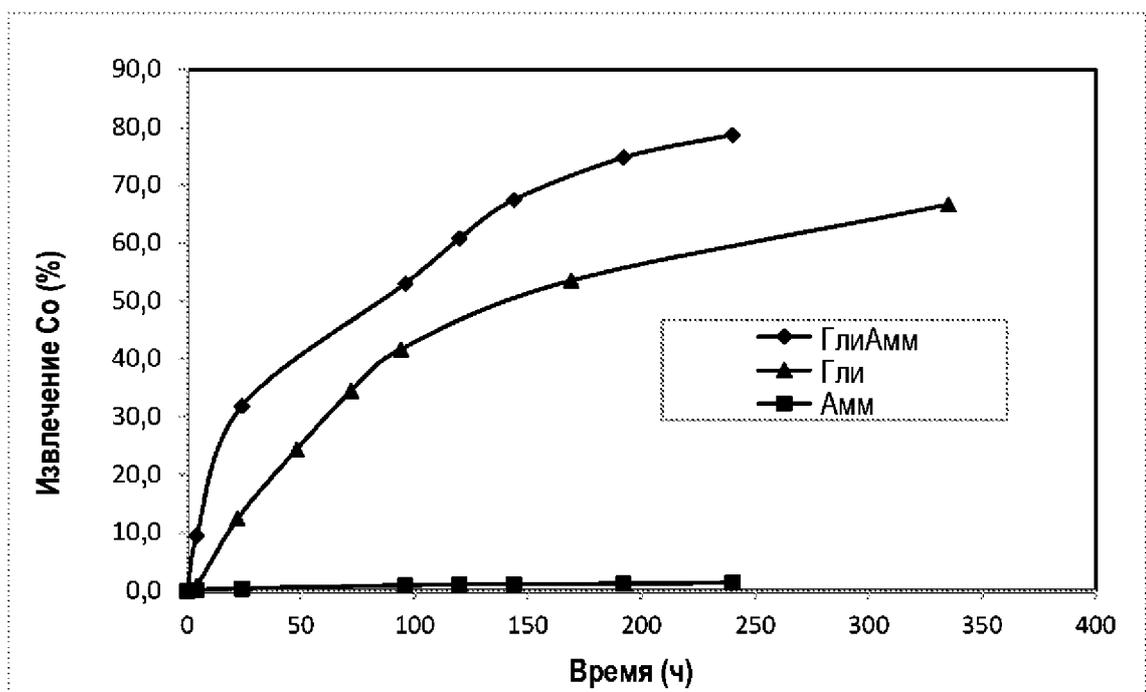
1. Способ извлечения одного или более целевых металлов, выбранных из драгоценных металлов и халькофильных металлов, как определено соответственно в данном документе, из материалов, содержащих драгоценный(е) и/или халькофильный(е) металл(ы), включающий:
 - (i) выщелачивание металлосодержащего материала водным выщелачивающим раствором, содержащим:
 - «высвободитель металла», включающий аминокислоту; и
 - «удерживатель металла», включающий один или более из аммиака, аммониевых солей, карбоновых кислот, солей карбоновых кислот, дикарбоновых кислот, солей дикарбоновых кислот, гидроксикарбоновых кислот, солей гидроксикарбоновых кислот, этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) и солей ЭДТА,с получением фильтрата, содержащего целевой(ые) металл(ы); и
 - (ii) извлечение металла из фильтрата, причем один или более целевых металлов выбраны из золота, серебра, палладия, платины, меди, никеля, кобальта и цинка; и при этом удерживатель металла присутствует в растворе в концентрации по меньшей мере 0,001 М.
2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что аминокислота включает один или более из глицина, гистидина, валина, аланина, фенилаланина, цистеина, аспарагиновой кислоты, глутаминовой кислоты, лизина, метионина, серина, треонина и тирозина.
3. Способ по п. 2, отличающийся тем, что аминокислота включает глицин или глутаминовую кислоту.
4. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что концентрация аминокислоты в растворе находится в диапазоне от 0,01 до 250 граммов на литр.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что раствор по существу не содержит специальных добавок тиомочевины и/или солей переходных металлов.
6. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что удерживатель металла включает аммиак или аммониевую соль.
7. Способ по п. 6, отличающийся тем, что аммониевая соль выбрана из сульфата аммония, галогенида аммония, карбоната аммония, нитрата аммония, оксалата аммония и ацетата аммония.
8. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что молярное отношение между ионами целевого металла в растворе и удерживателем металла составляет по меньшей мере 1:2.
9. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что выщелачивание проводят в присутствии окислителя, выбранного из воздуха (в газообразном и растворенном состоянии) и кислорода (в газообразном и растворенном состоянии).
10. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что выщелачивание проводят в присутствии небольшого количества катализатора.
11. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что выщелачивание проводят в щелочной среде.
12. Способ по любому из пп. 1–11, отличающийся тем, что выщелачивание проводят в кислой среде.
13. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что материал, содержащий драгоценный металл и/или халькофильный металл, выбран из руды, рудного концентрата, отходов, промежуточного продукта горнодобывающего или металлургического процесса или загрязненной металлом почвы.

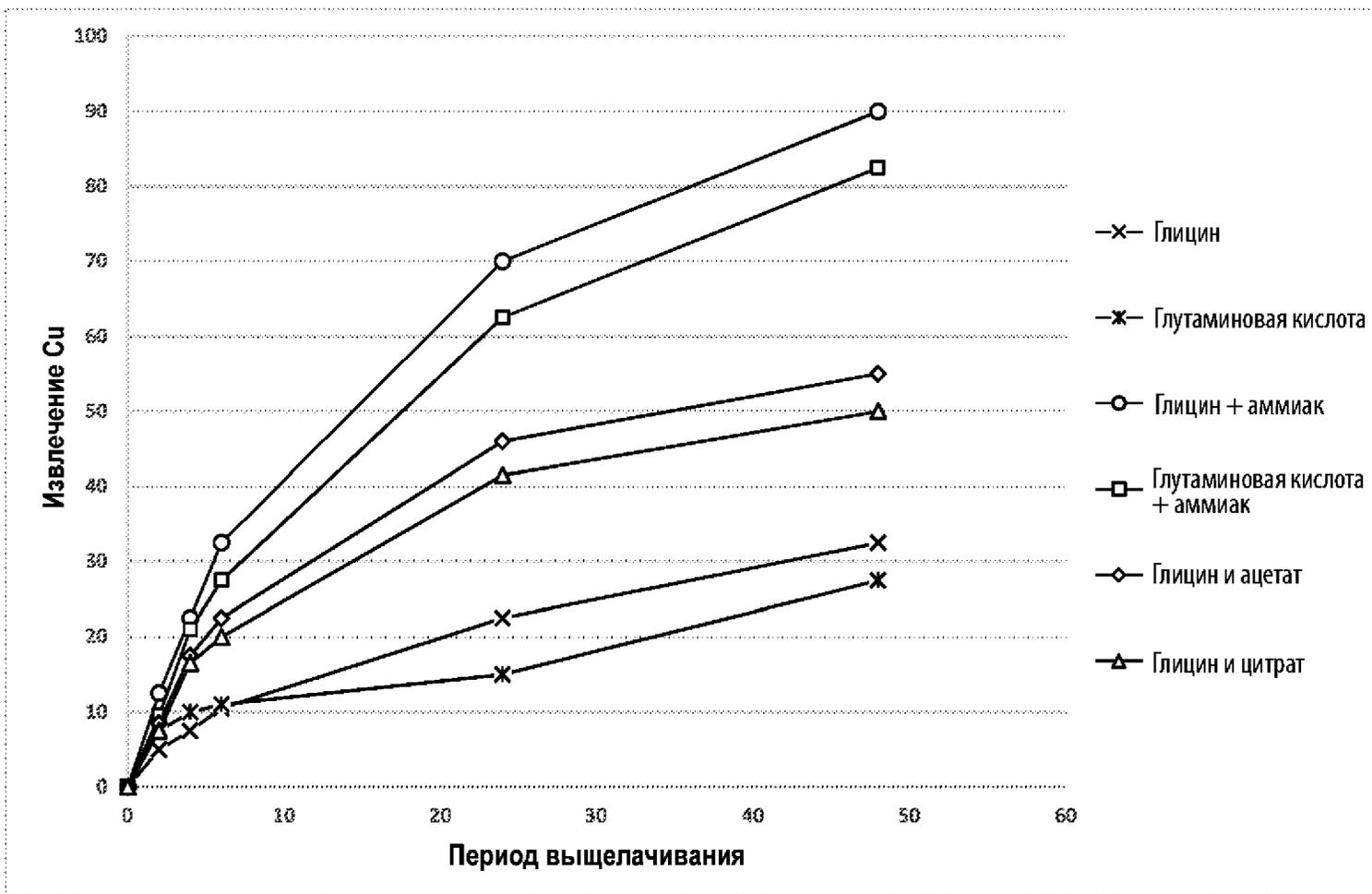
14. Способ по п. 1, отличающийся тем, что один или более целевых металлов не являются драгоценными металлами.
15. Способ по п. 14, отличающийся тем, что один или более целевых металлов выбраны из никеля, кобальта и меди.
16. Способ по п. 15, отличающийся тем, что целевые металлы выбраны из никеля и кобальта.
17. Способ по п. 13, отличающийся тем, что металлсодержащий материал представляет собой никелевую и/или кобальтовую руду.
18. Способ по п. 14, отличающийся тем, что целевым металлом является медь.
19. Способ по п. 13, отличающийся тем, что металлсодержащим материалом являются отходы производства электрического и электронного оборудования.
20. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что выщелачивающий раствор содержит растворенный кислород в концентрации 0,1-100 миллиграммов на литр.
21. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что массовое отношение высвободителя металла к удерживателю металла составляет по меньшей мере 2:1.
22. Целевой металл, извлеченный способом по любому из пп. 1–21.



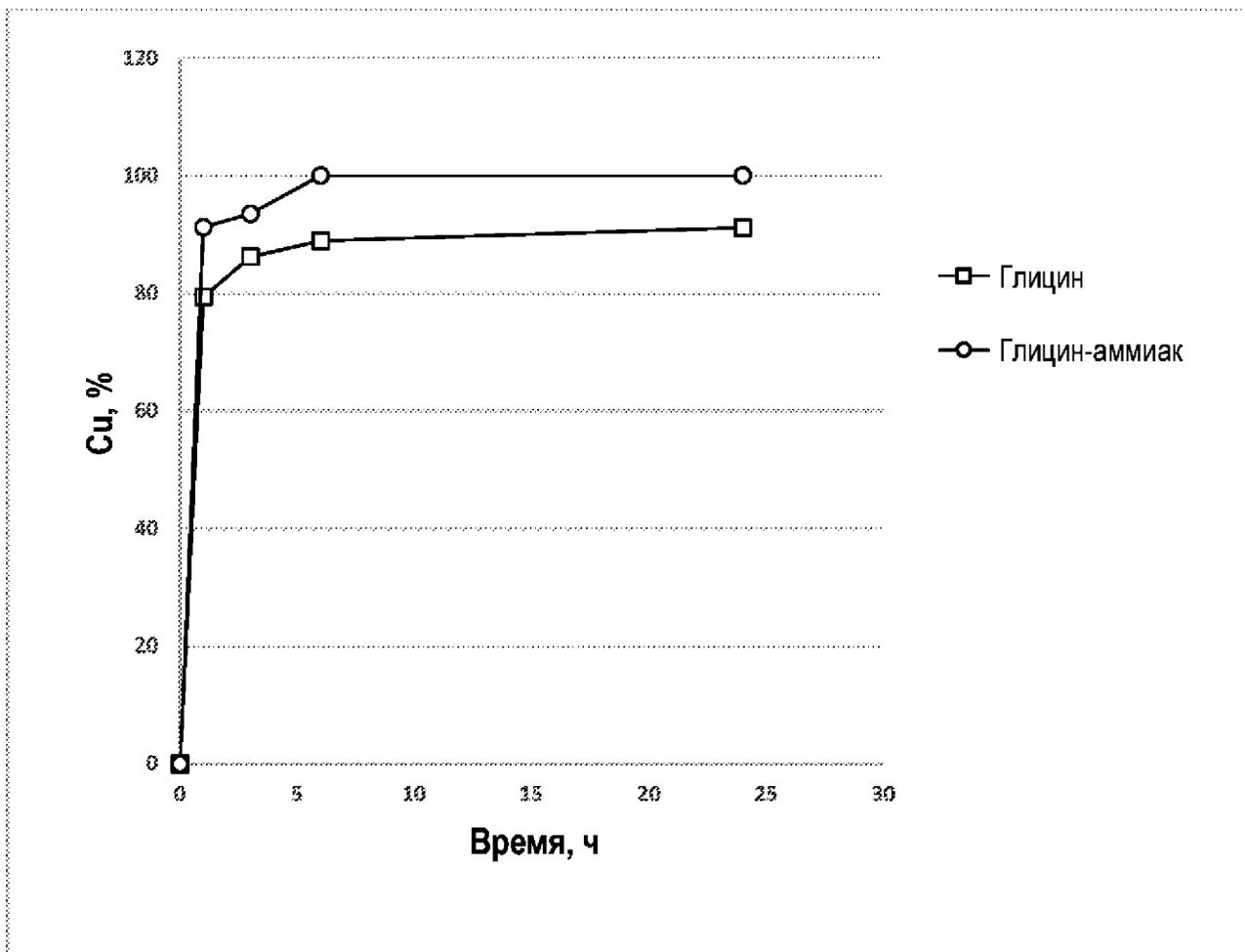
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4