

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **043109**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.04.26**

(51) Int. Cl. **C22B 3/06 (2006.01)**  
**C22B 11/00 (2006.01)**

(21) Номер заявки  
**201992845**

(22) Дата подачи заявки  
**2018.06.07**

---

(54) **СПОСОБ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ**

---

(31) **2017902196**

(32) **2017.06.08**

(33) **AU**

(43) **2020.04.10**

(86) **PCT/AU2018/050565**

(87) **WO 2018/223190 2018.12.13**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ГЛЕНКОР ТЕКНОЛОДЖИ ПТИ  
ЛИМИТЕД (AU)**

(72) Изобретатель:

**Войгт Пол Бенджамин (AU), Гареман  
Ахмад (CA)**

(74) Представитель:

**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,  
Черкас Д.А., Игнатьев А.В., Путинцев  
А.И., Билык А.В., Дмитриев А.В. (RU)**

(56) **CN-A-102888510**  
**US-A-4206023**  
**WO-A1-2007053947**  
**GB-A-172101**

(57) Способ выщелачивания минерального дисперсного материала, включающий этапы подачи минерального дисперсного материала на стадию выщелачивания (10), на которой по меньшей мере один ценный металл из минерального дисперсного материала выщелачивается в выщелачивающий раствор, образуя обогащенный выщелачивающий раствор и твердый остаток, содержащий нерастворенное минеральное вещество, причем стадия выщелачивания проводится в таких условиях, чтобы на стадии выщелачивания образовывалась элементарная сера, причем гранулы или частицы, которые захватывают элементарную серу, добавляются на стадии выщелачивания или добавляются в суспензию со стадии выщелачивания, так что элементарная сера поглощается или собирается на гранулах или частицах; и отделения гранул или частиц от обогащенного выщелачивающего раствора и твердого остатка. Гранулы или частицы могут быть обработаны для удаления серы, и гранулы или частицы возвращают на стадию выщелачивания. Альтернативно минералы не обязательно содержат растворимый компонент и могут представлять собой тугоплавкий сульфид железа и/или мышьяка, содержащий драгоценные металлы, что требует окисления перед дальнейшими обычными процессами, такими как цианирование.

**043109 B1**

**043109 B1**

### **Область техники**

Настоящее изобретение относится к способу выщелачивания. В частности, настоящее изобретение относится к способу выщелачивания, в котором образуется элементарная сера, но который действует так, чтобы эта элементарная сера не поступала в твердый остаток процесса выщелачивания.

### **Уровень техники**

Ряд способов обработки минеральных руд или концентратов включает выщелачивание руды или концентрата в таких условиях, чтобы желаемые металлы переходили в раствор. Затем раствор отделяют от твердого остатка и раствор обрабатывают, чтобы выделить желаемый металл из раствора. Иногда некоторые ценные металлы или другие компоненты остаются в твердом остатке, и может быть желательным дополнительно обработать твердый остаток со стадии выщелачивания, чтобы извлечь из него ценные металлы.

В качестве одного примера способ Albion (являющийся торговым знаком фирмы-заявителя настоящей заявки) включает в себя обработку руды или концентратов, типично сульфидных руд или концентратов, содержащих медь, кобальт, свинец, цинк, железо и/или никель, а также драгоценные металлы, путем выщелачивания в кислом режиме в окислительных условиях. Медь, кобальт, цинк и/или никель, присутствующие в руде или концентрате, растворяются в растворе и могут быть извлечены из раствора путем последующего разделения твердой и жидкой фаз. Если руда или концентрат содержат также серебро или золото, то серебро или золото не растворяются в растворе и остаются в твердом остатке. Может быть желательным извлечь серебро или золото из твердого остатка. Для извлечения серебра или золота из твердого остатка обычно применяется способ цианирования. Другим примером является случай, когда драгоценные металлы содержатся в сульфидных концентратах, которые сначала должны быть окислены перед обработкой в обычных технологических схемах, например, в случае с золотом, содержащимся в пирите, должны быть обработаны способом цианирования после окисления.

Из-за окислительных условий, в которых протекает стадия выщелачивания в способе Albion, сульфиды в руде или концентрате окисляются, образуя элементарную серу. Элементарная сера находится в виде твердого вещества и поступает в твердый остаток после стадии разделения твердой и жидкой фаз. При обработке твердого остатка цианидом элементарная сера расходует значительные количества цианида. Это может негативно сказаться как на обработке, так и на экономичности процесса извлечения серебра и золота. Для решения этой проблемы некоторые твердые остатки, содержащие элементарную серу, подвергают стадии флотации. Элементарная всплывает, а остальная твердая фаза поступает в хвосты, что позволяет отделить элементарную серу от твердого остатка. Однако некоторая часть серебра или золота также может всплыть вместе с элементарной серой. Это, конечно, приводит к потере выхода ценных серебра или золота или требует обработки в отдельной операции для извлечения.

Следует четко понимать, что когда в настоящем документе делается ссылка на публикации предшествующего уровня техники, эта ссылка не является признанием того, что данная публикация образует часть общеизвестных знаний в данной области в Австралии или любой другой стране.

### **Сущность изобретения**

Настоящее изобретение направлено на способ выщелачивания минерального дисперсного материала в условиях образования элементарной серы, который может по меньшей мере частично устранить по меньшей мере один из указанных выше недостатков или предоставить потребителю полезный или прибыльный выбор.

Учитывая изложенное выше, настоящее изобретение в одном аспекте относится в широком смысле к способу выщелачивания минерального дисперсного материала, включающему этапы подача минерального дисперсного материала на стадию выщелачивания, на которой по меньшей мере один ценный металл из минерального дисперсного материала выщелачивается в выщелачивающий раствор, образуя обогащенный выщелачивающий раствор и твердый остаток, содержащий нерастворенный минеральный материал, причем стадия выщелачивания проводится в таких условиях, что на стадии выщелачивания образуется элементарная сера, причем гранулы или частицы, которые захватывают элементарную серу, добавляются на стадию выщелачивания или добавляются в суспензию со стадии выщелачивания, так что элементарная сера поглощается или собирается на гранулах или частицах, и отделение гранул или частиц от обогащенного выщелачивающего раствора и твердого остатка.

Способ может применяться также в случае, когда драгоценные металлы содержатся в сульфидных концентратах, эти концентраты сначала должны быть окислены, прежде чем обрабатывать их в обычных технологических схемах, как, например, в случае золота, содержащегося в пирите, когда проводится обработка способом цианирования после окисления. Это будет более подробно описано ниже в связи с третьим аспектом настоящего изобретения.

В одном варианте осуществления минеральный дисперсный материал имеет такое распределение частиц по размерам, что максимальный размер частиц минерального дисперсного материала меньше, чем минимальный размер гранул или частиц, и гранулы или частицы, на которых или в которых присутствует элементарная сера, отделяются от твердого остатка в процессе сортировки по размерам. Процесс сортировки по размерам может включать процесс просеивания или может включать разделение на основе калибровочных циклонов или центрифугирования. Можно также применять и другие способы сортиров-

ки по размерам.

В другом варианте осуществления твердый остаток отделяют от гранулята или смолы, используя способ гравитационного разделения или способ сепарации в тяжелых средах. В этой связи, наполненные серой гранулы или частицы могут иметь более низкую плотность, чем дисперсный материал твердого остатка, и смесь гранул или частиц и твердого остатка может подаваться в аппарат для обогащения в тяжелых средах, плотность которых лежит между плотностью наполненных серой гранул или частиц и плотностью твердого остатка. Это приведет к всплыванию наполненных серой гранул или частиц к верху тяжелых сред и опусканию твердого остатка на дно тяжелых сред, тем самым обеспечивая отделение наполненных серой гранул или частиц от твердого остатка.

В одном варианте осуществления твердый остаток обрабатывают дополнительно, чтобы извлечь из него один или более ценных компонентов после отделения гранул или частиц от твердого остатка.

В одном варианте осуществления твердый остаток содержит золото и/или серебро и твердый остаток обрабатывают дополнительно путем контакта с цианидом, чтобы растворить по меньшей мере часть золота или серебра. Остаток может содержать также другие неосновные элементы, такие как металлы платиновой группы (PGM, от Platinum Group Metals). Металлы платиновой группы могут включать один или более металлов из платины, рутения, родия, палладия, осмия и иридия.

В одном варианте осуществления частицы или гранулы, на поверхности или внутри которых находится элементарная сера, обрабатывают, чтобы удалить из них элементарную серу, после чего частицы или гранулы возвращают на стадию выщелачивания.

В одном варианте осуществления частицы или гранулы, на поверхности или внутри которых находится элементарная сера, обрабатывают, чтобы удалить элементарную серу, путем нагревания частиц или гранул в печи, чтобы вызвать плавление, или сублимирование, или испарение элементарной серы, чтобы тем самым можно было удалить элементарную серу из частиц или гранул. Альтернативные методы включают автоклавное выщелачивание наполненной серой смолы, чтобы образовать серную кислоту для возврата на процесс выщелачивания или растворить элементарную серу из смолы органическим растворителем, таким как толуол.

В одном варианте осуществления элементарную серу, содержащуюся в частицах или гранулах, извлекают и продают или используют в другом процессе или на другой технологической стадии.

В одном варианте осуществления частицы или гранулы содержат частицы или гранулы ионообменной смолы или частицы или гранулы углеродосодержащего материала.

В одном варианте осуществления частицы или гранулы содержат микропористый катализатор на основе углерода, выпускаемый в продажу под торговой маркой Lewatit AF5 ("AF5"). AF5 находится в виде маленьких сферических гранул. Согласно данным производителя AF5 имеет узкое распределение частиц по размерам, большую площадь поверхности и четко определенное распределение пор по размерам. Он имеет отличную механическую стабильность и высокую удельную поверхность. AF5 обычно используется в качестве конечного фильтра при водоподготовке и для адсорбции следовых количеств таких органических веществ как хлорированные углеводороды, МТБЕ, органические фосфаты, амины, пестициды, гербициды и метаболиты. Согласно информации производителя распределение частиц по диаметрам можно регулировать или подбирать индивидуально в соответствии с требованиями заказчиков.

В одном варианте осуществления минимальный размер гранул или частиц по меньшей мере вдвое больше максимального размера частиц минерального дисперсного материала. В другом варианте осуществления минимальный размер гранул или частиц по меньшей мере в 5 раз больше максимального размера частиц минерального дисперсного материала, или по меньшей мере в 10 раз больше максимального размера частиц минерального дисперсного материала, или по меньшей мере в 15 раз больше максимального размера частиц минерального дисперсного материала, или по меньшей мере в 20 раз больше максимального размера частиц минерального дисперсного материала, или по меньшей мере в 50 раз больше максимального размера частиц минерального дисперсного материала, или по меньшей мере в 100 раз больше максимального размера частиц минерального дисперсного материала.

В одном варианте осуществления минеральный дисперсный материал имеет максимальный размер частиц 500, или 400, или 300, или 200, или 100, или 80, или 70, или 60, или 50, или 40, или 30, или 20 мкм. В одном варианте осуществления гранулы или частицы имеют минимальный размер частиц 10, или 5, или 4, или 3, или 2, или 1 мм, или 900, или 800, или 700, или 600, или 500, или 400, или 350, или 300, или 250, или 200 мкм.

В одном варианте осуществления стадия выщелачивания включает этап кислотного выщелачивания, который проводится в окислительных условиях, так что сульфиды, присутствующие в минеральном дисперсном материале, окисляются, образуя элементарную серу на стадии выщелачивания. Стадия выщелачивания может проводиться в условиях выше атмосферного давления и при температуре выше температуры окружающей среды.

В одном варианте осуществления минеральный дисперсный материал содержит сульфидсодержащий материал. Минеральный дисперсный материал может содержать одно или более из сульфида меди, сульфида свинца, сульфида цинка, сульфида железа, сульфида мышьяка, сульфида никеля или какуо-

либо комбинацию многих обычных групп минералов. Минеральный дисперсный материал может также включать драгоценные металлы, такие как золото или серебро. Минеральный дисперсный материал может содержать тугоплавкий сульфидный материал. Обычно не удается растворить тугоплавкие сульфидные материалы при атмосферном давлении в мягких кислых средах, и растворение этих тугоплавких минералов, как правило, требует очень жестких условий и присутствия окислителей.

Условия обработки, используемые на стадии выщелачивания, не следует рассматривать как ограничивающие настоящее изобретение, и настоящее изобретение охватывает любые условия на стадии выщелачивания, которые позволяют растворить один или несколько ценных металлов в выщелачивающем растворе с образованием обогащенного выщелачивающего раствора при одновременном образовании элементарной серы на стадии выщелачивания.

Стадия выщелачивания приводит к образованию обогащенного выщелачивающего раствора, который содержит один или более растворенных ценных металлов, твердый остаток, содержащий нерастворенный остаток минерального дисперсного материала, и частицы или гранулы, на поверхности или внутри которых находится элементарная сера. В способе по настоящему изобретению эту смесь разделяют на обогащенный выщелачивающий раствор, имеющий низкое содержание или по существу не содержащий твердых веществ, твердый остаток, содержащий нерастворенный остаток минерального дисперсного материала, и частицы или гранулы, на поверхности или внутри которых находится элементарная сера. Чтобы достичь необходимого разделения, можно использовать любые известные стадии разделения.

В одном варианте осуществления разделение твердой и жидкой фаз проводится, чтобы отделить обогащенный выщелачивающий раствор от твердого остатка и гранул или частиц, на поверхности или внутри которых находится элементарная сера. Разделение твердой и жидкой фаз может включать в себя одностадийный процесс, на котором обогащенный выщелачивающий раствор отделяется от твердого остатка и гранул или частиц. Разделение твердой и жидкой фаз может включать в себя многостадийный процесс, на котором обогащенный выщелачивающий раствор сначала отделяют от твердого остатка, а затем отделяют от гранул или частиц. Разделение твердой и жидкой фаз может включать в себя многостадийный процесс, на котором обогащенный выщелачивающий раствор сначала отделяют от гранул или частиц, а затем отделяют от твердого остатка.

Можно использовать любой подходящий метод разделения твердой и жидкой фаз, в том числе фильтрацию, декантацию, отстаивание, сгущение, центрифугирование, циклонное разделение, элюирование и т.п. Настоящее изобретение никоим образом не ограничено конкретным используемым методом разделения твердой и жидкой фаз.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения на стадии разделения твердой и жидкой фаз обогащенный выщелачивающий раствор удаляется из смеси твердых веществ, которая содержит твердый остаток и гранулы или частицы, содержащие серу на поверхности или в объеме. Смесь твердых веществ обычно содержит также остаточный обогащенный выщелачивающий раствор. Кроме того, способ согласно настоящему изобретению может дополнительно включать разделение смеси твердых веществ на поток, содержащий твердый остаток, и поток, содержащий гранулы или частицы, на поверхности или внутри которых находится элементарная сера.

Во втором аспекте настоящее изобретение относится к способу извлечения драгоценного металла из минерального дисперсного материала, включающему этапы подача минерального дисперсного материала на стадию выщелачивания, на стадию выщелачивания, на которой по меньшей мере один ценный металл из минерального дисперсного материала выщелачивается в выщелачивающий раствор, образуя обогащенный выщелачивающий раствор и твердый остаток, содержащий нерастворенное минеральное вещество и нерастворенный драгоценный металл, причем стадия выщелачивания проводится в таких условиях, что на стадии выщелачивания образуется элементарная сера, причем гранулы или частицы, которые захватывают элементарную серу, присутствуют на стадии выщелачивания или добавляются в суспензию со стадии выщелачивания, так что элементарная сера поглощается или собирается на гранулах или частицах, отделение гранул или частиц от обогащенного выщелачивающего раствора и твердого остатка, и обработка твердого остатка для извлечения из него драгоценного металла.

Другой вариант осуществления настоящего изобретения можно использовать в тех случаях, когда драгоценные металлы содержатся в сульфидных концентратах, такие концентраты должны быть сначала окислены перед обработкой в обычных технологических схемах, например, в случае золота, содержащегося в пирите, обработкой в процессе цианирования после окисления.

Настоящее изобретение может также применяться для обработки сульфидных минералов или концентратов, в которых ценные металлы остаются с твердыми веществами. Соответственно в третьем аспекте настоящее изобретение относится к способу обработки минерального сульфидного дисперсного материала, включающему этапы подачи минерального сульфидного дисперсного материала на стадию окисления, на которой образуется суспензия, содержащая минеральный сульфидный дисперсный материал, и в результате окисления по меньшей мере части минерального сульфидного дисперсного материала образуется элементарная сера, причем суспензия контактирует с гранулами или частицами, которые захватывают элементарную серу, так что элементарная сера захватывается или собирается на гранулах или частицах.

В одном варианте осуществления третьего аспекта настоящего изобретения гранулы или частицы отделяют от других твердых веществ в суспензии. Гранулы или частицы можно также отделить от жидкости в суспензии.

Жидкость, отделенную от суспензии, можно выбросить или ее можно обработать, например, посредством стадии нейтрализации, прежде чем отправить в хвостовой отвал. Альтернативно суспензию можно нейтрализовать до отделения твердых веществ от жидкости. В этом случае растворенные металлы могут снова осаждаться на твердых веществах на стадии нейтрализации.

Другие твердые вещества из суспензии подходящим образом отделяют от гранул или частиц, наполненных элементарной серой. Другие твердые вещества могут, например, содержать нерастворенные драгоценные металлы, и драгоценные металлы можно извлечь с использованием обычных технологических схем, таких как схемы цианирования.

В одном варианте осуществления сульфидный материал содержит пириты. На стадии окисления железо будет переходить в раствор. Соответственно суспензию или раствор можно обработать, чтобы нейтрализовать раствор. Это может привести к осаждению соединений железа. Когда суспензия обрабатывается нейтрализующим раствором, железо может снова осаждаться на твердые вещества в суспензии. Если жидкость отделить от суспензии до нейтрализации, железо может быть осаждено на отдельной стадии нейтрализации.

В одном варианте осуществления драгоценный металл представляет собой золото и/или серебро. В одном варианте осуществления дисперсный минеральный материал содержит сульфидсодержащий дисперсный материал. В одном варианте осуществления минеральный дисперсный материал содержит тугоплавкую сульфидную руду или концентрат.

В одном варианте осуществления твердый остаток обрабатывают способом цианирования, чтобы экстрагировать драгоценный металл в раствор цианида, с последующим извлечением драгоценного металла из раствора цианида.

В одном варианте осуществления гранулы или частицы, наполненные элементарной серой, обрабатывают, чтобы удалить из них элементарную серу, и затем гранулы или частицы возвращают на стадию выщелачивания. Затем элементарную серу можно отправить на хранение или продавать как источник дохода.

Любой из признаков, описанных в настоящем документе, может быть объединен в любую комбинацию с любым одним или несколькими другими признаками, описанными в данном документе, в пределах объема изобретения.

Ссылка на какой-либо документ предшествующего уровня техники в настоящем описании не является и не должна рассматриваться как признание или какая-либо форма предположения о том, что этот документ уровня техники является частью общедоступных сведений.

#### **Краткое описание чертежа**

Различные варианты осуществления изобретения будут описаны с обращением к прилагаемому чертежу, на котором показана схема способа в соответствии с одним вариантом осуществления настоящего изобретения.

#### **Описание вариантов осуществления**

Следует понимать, что чертежи были предоставлены в целях описания предпочтительной реализации настоящего изобретения. Таким образом, следует понимать, что настоящее изобретение не должно рассматриваться как ограниченное только признаками, показанными на прилагаемом чертеже.

Чертеж показывает технологическую схему способа в соответствии с одним вариантом осуществления настоящего изобретения. Схема, показанная на чертеже, подходит для извлечения таких металлов, как медь, кобальт, железо, мышьяк, цинк или никель из сульфидной руды или концентрата, в частности, тугоплавкой сульфидной руды или концентрата. Способ включает стадию 10 выщелачивания, на которой тонко измельченный сульфидный концентрат 12, содержащий сульфиды свинца, меди, кобальта, железа, мышьяка, цинка и/или никеля, а также серебро и золото, распределенные в дисперсной матрице. Сульфидный концентрат предварительно обрабатывают, используя ультратонкое измельчение, чтобы уменьшить размер частиц, как правило, до менее 50 мкм, с  $P_{80}$  20 мкм или меньше, или даже с  $P_{80}$  10-12 мкм. Тонко измельченный поток дисперсного концентрата 12 подается на стадию 10 выщелачивания.

Стадия 10 выщелачивания может выполняться в соответствии с рабочими параметрами способа Albion. Способ Albion является технологией, запатентованной настоящим заявителем и хорошо известной в данной области. Способ Albion включает в себя тонкое измельчение сульфидного концентрата с последующим окислительным выщелачиванием в атмосферных условиях. Благодаря ультратонкому измельчению концентрата, можно использовать окислительное выщелачивание в атмосферных условиях, чтобы растворить ценные металлы в концентрате. Температура стадии выщелачивания может быть любой температурой ниже точки кипения выщелачивающего раствора. Как правило, стадию выщелачивания согласно способу Albion проводят при температурах от 90 до 95°C.

На стадию 10 выщелачивания добавляют также выщелачивающий раствор 14. Выщелачивающий раствор 14 может содержать кислоту. Гранулы или частицы 16 материала, который способен захватывать или собирать элементарную серу, также добавляют на стадию 10 выщелачивания.

Стадия 10 выщелачивания типично проводится в одном или нескольких реакторах выщелачивания. Воздух или кислород нагнетают в выщелачивающую суспензию, содержащуюся в реакторах выщелачивания, и реактора выщелачивания обычно перемешивают, чтобы предотвратить оседание суспензии. В условиях стадии 10 выщелачивания медь, кобальт, цинк, мышьяк, железо и/или никель растворяются в выщелачивающем растворе (свинец не растворяется и остается в твердом остатке). В результате стадии окисления сульфиды превращаются в сульфаты и элементарную серу. Элементарная сера образует твердый материал. Сульфаты распределены между раствором и твердыми фазами.

Как упоминалось выше, на стадию 10 выщелачивания добавляются также гранулы или частицы 16 материала, который способен захватывать или собирать элементарную серу. Гранулы или частицы 16 могут содержать смолу или катализатор на основе активированного угля. В примере, показанном на чертеже, используются гранулы или частицы AF5, представляющие собой катализатор на основе микропористого углерода. Гранулы или частицы AF5 имеют размер в диапазоне от 350 до 800 мкм. Понятно, что это размер частиц значительно больше, чем размер частиц дисперсного концентрата 12.

Когда элементарная сера образуется на стадии 10 выщелачивания, она захватывается на и в гранулы или частицы AF5. Считается, что AF5 имеет более высокое сродство к элементарной сере, чем дисперсный концентрат 12 и, следовательно, элементарная сера предпочтительно прилипает к или абсорбируется в гранулах или частицах AF5. В отсутствие гранул или частиц AF5 элементарная сера откладывалась бы на частицах дисперсного концентрата. Альтернативно смолу можно привести в контакт с технологической суспензией после стадии выщелачивания в отдельной емкости, такой как перемешиваемый контактный резервуар.

Суспензия 18 удаляется со стадии 10 выщелачивания. Суспензия 18 содержит обогащенный выщелачивающий раствор, содержащий растворенную медь, цинк и/или никель, твердый остаток, который содержит нерастворенный остаток дисперсного концентрата 12, подаваемого на стадию 10 выщелачивания, и наполненные серой гранулы или частицы AF5. Альтернативно может иметься минимальное количество растворенных металлов, в случае, когда в сульфидном концентрате содержатся преимущественно драгоценные металлы. Эту суспензию отправляют на стадию 20 разделения твердой и жидкой фаз. Она может включать процесс фильтрации, процесс отстаивания, процесс декантации или процесс сгущения. Обогащенный выщелачивающий раствор удаляется по линии 22 и направляется на процесс 24 извлечения металла. Процесс 24 извлечения металла 24 может включать электрохимическое извлечение, экстракцию растворителем/электрохимическое извлечение или осаждение смешанных продуктов или даже любой другой обычный процесс извлечения металлов для извлечения растворенных металлов из раствора.

Твердые вещества, которые отделяются от обогащенного выщелачивающего раствора на стадии 20 разделения твердой и жидкой фаз, содержат смесь наполненных серой гранул или частиц AF5 и нерастворенный твердый остаток минерального концентрата 12. Эту смесь удаляют как поток 26 и отправляют на процесс 28 твердофазного разделения. Хотя на чертеже это не показано, смешанный поток 26 может быть подвергнут одной или нескольким стадиям промывки для удаления из него обогащенного выщелачивающего раствора.

Способ твердофазного разделения предназначен для выделения наполненных серой гранул или частиц AF5 из твердого остатка, полученного из выщелоченного минерального концентрата. Как указывалось выше, гранулы или частицы AF5 имеют размер в диапазоне от 350 до 800 мкм, тогда как дисперсный материал 12, подаваемый на стадию выщелачивания, подвергался ультратонкому измельчению и обычно имеет максимальный размер частиц меньше 50 мкм. Поэтому сито или грохот с размером ячеек сита соответственно грохоту от 50 до 350 мкм может эффективно и действенно отделить наполненные серой гранулы AF5 от твердого остатка. Твердый остаток проходит через сито или грохот, а гранулы или частицы AF5 задерживаются наверху сита или грохота. Нижний слив 30 твердого остатка 30 с сита или грохота 28 отправляют на технологическую установку 32 извлечения драгоценного металла, где из твердого остатка можно извлечь золото или серебро. Можно применять обычные технологии, такие как способы извлечения драгоценных металлов на основе цианидной экстракции с последующим извлечением золота и серебра из раствора цианида. Альтернативно стадию 28 можно провести перед разделением твердой и жидкой фаз на стадии 20, где сначала удаляют смолу.

Наполненные серой гранулы или частицы AF5 (34) удаляют с сита или грохота и направляют в муфельную печь 36. В печи частицы нагреваются, чтобы вызвать плавление, сублимацию или испарение элементарной серы и, таким образом, удалить ее из гранул или частиц AF5. Серу 38 можно улавливать и собирать для продажи или для дальнейшего использования. Гранулы или частицы AF5, из которых удалена сера, отправляются по линии 40 обратно на стадию 10 выщелачивания. В процессе удаления серы из смолы смолу можно нагревать или, как альтернатива, ее можно подвергнуть автоклавному выщелачиванию, чтобы получить кислый раствор. Смола не разлагается в кислых условиях. Альтернативно серу можно извлечь путем автоклавного выщелачивания наполненной смолы, чтобы образовать кислоту, или растворить смолу органическим растворителем, таким как толуол.

Технологическая схема, аналогичная показанной на чертеже, может использоваться для обработки, например, пиритов, содержащих золото. На стадии 10 по чертежу получают суспензию и суспензию окисляют. Эта стадия может проводиться в кислых условиях. При этом часть серы, содержащейся в пи-

ритах, превращается в элементарную серу. Железо обычно уходит в раствор. Стадия нейтрализации может быть проведена в суспензии перед стадией 20 разделения твердой и жидкой фаз. Альтернативно поток 22 жидкости, отделенный от суспензии, можно нейтрализовать отдельно. Остальная часть процесса, как правило, аналогична той, что показана на чертеже; можно также использовать аналогичные условия обработки.

Было найдено, что добавление гранул или частиц материала, который может захватывать элементарную серу на стадии выщелачивания, может позволить использовать простой способ твердофазного разделения для удаления элементарной серы из твердого остатка процесса выщелачивания. Основная часть драгоценных металлов, содержащихся в твердом остатке, остается с твердым остатком. Только небольшие количества драгоценных металлов могут быть захвачены гранулами или частицами материала, который может захватывать элементарную серу на стадии выщелачивания. В результате снижается расход реагента (такого как цианид) при последующей обработке твердого остатка для извлечения из него благородных металлов, поскольку элементарная сера практически отсутствует при дальнейшей переработке твердого остатка. Это снижает эксплуатационные расходы в процессе. Получают высокие выходы драгоценных металлов.

Кроме того, гранулы или частицы материала, которые могут захватывать элементарную серу, могут быть обработаны, например, с помощью простой стадии нагревания, для удаления из них элементарной серы, тем самым позволяя вернуть дробленые частицы на стадию выщелачивания. Это дополнительно улучшает экономику процесса.

Чтобы продемонстрировать варианты осуществления настоящего изобретения, были проведены следующие примеры.

#### Пример 1.

В этом примере был проведен простой эксперимент на остатке свинца и серы, полученном в процессе выщелачивания объемного концентрата цинка/свинца по способу Albion. Образец остатка (остаток на фильтре) суспендировали в воде и добавляли серную кислоту для изменения значения pH на 1,0, чтобы воспроизвести рабочие условия процесса. На стадии повторного суспендирования добавляли также частицы AF5. Выщелачивающую суспензию выдерживали 24 ч при 80°C и перемешивании на 300 об/мин. После завершения испытания частицы AF5 отсеивали. Твердый остаток собирали фильтрацией. Частицы AF5 и твердый остаток промывали разбавленным раствором серной кислоты. В результате получили четыре продукта для анализа, ими были

- (1) твердый остаток;
- (2) смола AF5, покрытая элементарной серой;
- (3) фильтрат (который соответствует обогащенному выщелачивающему раствору); и
- (4) промывочная вода с единственной стадии промывки (собранная с промывки смолы и твердого остатка).

Был проведен соответствующий анализ, который определил, что на поверхности смолы было собрано 60% от всей серы из концентрата. 40% серы осталось в твердом остатке. 100% свинца осталось в остатке. Никакого свинца не было обнаружено на смоле (свинец не растворяется в выщелачивающем растворе в использованных условиях выщелачивания).

Реальные результаты анализа для этого испытания представлены в табл. 1, 2 и 3.

Таблица 1

Твердая фаза				
Образец	[Pb]%	[S]%	[Zn]%	[Ag]%
концентрат свинца/серы 1	16,8	~45	1,6	0,008
концентрат свинца/серы 2	15,6	~47	1,7	н.д.

Таблица 2

Твердая фаза				
Образец	[Pb]%	[S]%	[Zn]%	[Ag]%
твердый остаток после выщелачивания	27,3	27,6	0,2	0,013
Смола AF5 после выщелачивания	<DL*	17,9	<DL	0,0005

\* DL - предел обнаружения.

Таблица 3

Жидкость				
Образец	[Pb] мг/л	[S] мг/л	[Zn] мг/л	[Ag] мг/л
фильтрат	1,5	4518	713,3	<DL
промывочная вода	0,4	1315	37,3	<DL

Представленные выше результаты показывают, что почти весь цинк из концентрата свинца растворился в фильтрате (который представлял собой обогащенный выщелачивающий раствор) и промывной воде. Цинк не был обнаружен на AF5, и 8% от всего цинка осталось в твердом остатке. Все серебро было детектировано в твердом остатке и лишь следовые количества на AF5. Присутствие серебра на AF5 было детектировано на очень низких уровнях, близких к пределу обнаружения, так что можно сделать вывод, что смола AF5 практически не содержала серебра.

Пример 2.

В этом примере проводили следующие испытания.

а) Испытание на извлечение серы. В этом испытании 257,7 г тонко молотого концентрата свинца приводили в контакт с 210 г смолы (гранулы AF5) на 24 ч при 80°C и pH 1,5 (серная кислота). На смоле было собрано 68 г элементарной серы. 95% серебра осталось в твердом остатке, и 4,86% серебра было извлечено на смоле вместе с элементарной серой.

б) Цианидное выщелачивание № 1. Непосредственно после получения твердый остаток, который содержит наполненную серой смолу (гранулы AF5), и твердый остаток концентрата сульфида приводили в контакт с раствором цианида при pH 10,5 на 24 ч. Извлечение серебра на угле (и в фильтрате) составило 38,5%.

в) Цианидное выщелачивание № 3. Это испытание на цианирование проводили, отделяя наполненные серой гранулы смолы из твердого остатка и затем подвергая твердый остаток испытанию на цианирование. После отделения от наполненных серой гранул твердый остаток приводили в контакт с раствором цианида при pH 10,5 на 24 ч. Извлечение серебра на угле (и в фильтрате) составило 50%.

Результаты анализа для примера 2 приведены в табл. 4.

Результаты примера 2 показывают, что извлечение серебра повышается с 37% для случая, когда элементарная сера присутствует в испытании на цианирование, до 50% для случая, когда элементарная сера была удалена из твердого остатка, и испытанию на цианирование подвергается только твердый остаток. Далее, ожидается, что количество цианида, требующееся для использования на стадии цианирования, можно уменьшить, если удалить элементарную серу из твердого остатка до стадии цианирования. Ожидается, что в оптимизированных условиях можно будет достичь намного лучших результатов.

Хотя примеры описывают использование гранул AF5 для захвата элементарной серы, следует понимать, что настоящее изобретение охватывает использование любых гранул или частиц, которые могут захватывать элементарную серу на стадии выщелачивания. Желательно, чтобы эти гранулы или частицы могли выдерживать условия, возникающие на стадии выщелачивания. Также желательно, чтобы гранулы или частицы могли быть обработаны так, чтобы из них выделялась элементарная сера, чтобы гранулы или частицы можно было вернуть на стадию выщелачивания.

В настоящем описании и формуле (если таковая имеется), слово "содержащий" и его производные, в том числе "содержит" и "содержат", включают каждое из указанных целых чисел, но не исключают наличие одного или более других целых чисел.

Во всем настоящем описании ссылки на "один вариант осуществления" или "вариант осуществления" означают, что конкретный признак, структура или характеристика, описанные в связи с указанным вариантом осуществления, включены в по меньшей мере один вариант осуществления настоящего изобретения. Таким образом, использующиеся в разных местах описания выражения "в одном варианте осуществления" или "в варианте осуществления" не обязательно относятся к одному и тому же варианту осуществления. Кроме того, конкретные свойства, структуры или характеристики могут сочетаться любым подходящим образом в одной или нескольких комбинациях.

Пример 3.

Смолу, наполненную элементарной серой, обрабатывали в термическом процессе в низкокислородных условиях при 400°C в течение 2 ч, чтобы испарить элементарную серу для сбора.

Элементарная сера образовывалась в печи и конденсировалась на охлажденных поверхностях для сбора в виде чистой ярко-желтой элементарной серы.

В соответствии с законом изобретение было описано на языке, более или менее специфичном для структурных или методических особенностей. Следует понимать, что изобретение не ограничивается показанными или описанными конкретными признаками, поскольку описанные здесь средства включают в себя предпочтительные формы осуществления изобретения. Таким образом, изобретение заявляется в любой из его форм или модификаций в пределах соответствующего объема прилагаемой формулы изобретения (если таковая имеется), надлежащим образом интерпретированной специалистами в данной области техники.

Таблица 4

Испытание на извлечение серы			Сера				Свинец				Цинк				Серебро			
Концентрат свинца	Масса, г	Объем, мл	Кол-во, рртп	Кол-во, %	Единицы, г	Извлечение, %	Кол-во, рртп	Кол-во, %	Единицы, г	Извлечение, %	Кол-во, рртп	Кол-во, %	Единицы, г	Извлечение, %	Кол-во, рртп	Кол-во, %	Единицы, г	Извлечение, %
образцы																		
Выделенная масса	257,70			49,47	127,48			19,00	48,96			0,75	1,93			0,021	0,05	
фильтрат		970	11946		11,59	9,09	4,28		0,004	0,01	1137		1,103	57,06	0,00		0,00	0,00
сыв		4700	1034		4,86	3,81	3,69		0,017	0,04	39,80		0,187	9,68	0,00		0,00	0,00
Сера из серной кислоты					-9,80	-7,69												
Промытая твердая фаза	177,28			30,16	53,47	41,94		26,10	46,27	94,50		0,16	0,28	14,68		0,029	0,05	95,00
Промытая смола (начинает с 2/0; смолы)	263,20			25,85	68,04	53,37		0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00		0,001	0,00	4,86
<b>Итого</b>				<b>128,15</b>	<b>100,52</b>			<b>46,29</b>	<b>94,54</b>			<b>1,57</b>	<b>81,42</b>			<b>0,05</b>	<b>99,86</b>	
Цианидное выщелачивание I			Сера				Свинец				Цинк				Серебро			
Концентрат свинца	Масса, г	Объем, мл	Кол-во, рртп	Кол-во, %	Единицы, г	Извлечение, %	Кол-во, рртп	Кол-во, %	Единицы, г	Извлечение, %	Кол-во, рртп	Кол-во, %	Единицы, г	Извлечение, %	Кол-во, рртп	Кол-во, %	Единицы, г	Извлечение, %
образцы																		
Выделенная масса	149,42			49,90	74,56			19,00	28,39			0,75	1,12			0,021	0,03	
фильтрат		2470	916		2,26	3,03	1,30		0,003	0,01	15,80		0,039	3,48	0,14		0,0003	1,125
сыв		1050	394		0,41	0,55	0,47		0,000	0,00	0,00		0,000	0,00	0,00		0,00	0,00
Промытая твердая фаза	122,19			46,54	56,87	76,27		19,10	23,34	82,21		0,60	0,73	65,42		0,017	0,02	66,57
Активированный углерод	6,71			0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00		0,171	0,01	37,32
<b>Итого</b>				<b>59,5</b>	<b>79,86</b>			<b>23,34</b>	<b>82,22</b>			<b>0,77</b>	<b>68,90</b>			<b>0,03</b>	<b>105,02</b>	
																Извлечение Ag на углерода + растворы		<b>38,45</b>

Цианидное выщелачивание 2			Сера				Свинец				Цинк				Серебро			
Концентрат шихта	Масса, г	Объем, мл	Кол-во, ppm	Кол-во, %	Единицы, г	Извлеченные, %	Кол-во, ppm	Кол-во, %	Единицы, г	Извлеченные, %	Кол-во, ppm	Кол-во, %	Единицы, г	Извлеченные, %	Кол-во, ppm	Кол-во, %	Единицы, г	Извлеченные, %
образцы																		
Выщелоченная масса	150,10			30,16	45,27			26,10	39,18			0,16	0,24			0,029	0,043	
фильтраг		2600	901		2,34	1,84	0,72		0,002	0,00	0,00		0,000	0,00	0,58		0,0015	3,523
сыв-сыв		1090	354		0,39	0,30	0,79		0,001	0,00	1,23		0,001	0,07	0,00		0,00	0,00
Прочная твердая фаза	142,20			26,30	37,40	82,61		26,20	37,26	95,10		0,16	0,23	94,74		0,018	0,03	58,61
Активированный углерод	11,06			0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00		0,179	0,02	46,13
<b>Итого</b>				<b>40,13</b>	<b>84,75</b>			<b>37,26</b>	<b>95,11</b>			<b>0,23</b>	<b>94,81</b>			<b>0,05</b>		<b>108,26</b>
																<b>Извлечение Ag на углерода + растворы</b>		<b>49,65</b>

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ выщелачивания минерального дисперсного материала, включающий этапы подачи минерального дисперсного материала на стадию выщелачивания, на которой по меньшей мере один ценный металл из минерального дисперсного материала выщелачивается в выщелачивающий раствор, образуя обогащенный выщелачивающий раствор и твердый остаток, содержащий нерастворенное минеральное вещество, причем минеральный дисперсный материал содержит сульфиды и причем стадия выщелачивания включает этап кислотного выщелачивания, который проводится в окислительных условиях, чтобы сульфиды, присутствующие в минеральном дисперсном материале, окислялись с образованием элементарной серы на стадии выщелачивания, причем гранулы или частицы, которые захватывают элементарную серу, добавляются на стадии выщелачивания или добавляются в суспензию со стадии выщелачивания, так что элементарная сера поглощается или собирается на гранулах или частицах, и при этом минимальный размер гранул или частиц по меньшей мере вдвое больше максимального размера частиц минерального дисперсного материала;

отделения гранул или частиц, на поверхности или внутри которых находится элементарная сера, от обогащенного выщелачивающего раствора и твердого остатка.

2. Способ по п.1, причем частицы или гранулы содержат частицы или гранулы ионообменной смолы или частицы или гранулы углеродсодержащего материала.

3. Способ по п.1, причем минеральный дисперсный материал имеет такое распределение частиц по размерам, что максимальный размер частиц минерального дисперсного материала меньше, чем минимальный размер гранул или частиц, и гранулы или частицы, на поверхности или внутри которых находится элементарная сера, отделяют от твердого остатка с использованием способа сортировки по размерам.

4. Способ по п.3, причем способ сортировки по размерам включает способ просеивания или включает разделение на основе калибровочных циклонов или центрифугирования.

5. Способ по п.2, причем твердый остаток отделяют от частиц, или гранул, или смолы, используя способ гравитационного разделения или способ разделения в тяжелых средах.

6. Способ по любому из предыдущих пунктов, причем после удаления гранул или частиц из твердого остатка твердый остаток обрабатывают дополнительно, чтобы извлечь из него один или более ценных металлов.

7. Способ по п.6, причем твердый остаток содержит золото и/или серебро и твердый остаток обрабатывают дополнительно путем контакта с раствором цианида, чтобы растворить по меньшей мере часть золота или серебра.

8. Способ по любому из предыдущих пунктов, причем частицы или гранулы, на поверхности или внутри которых находится элементарная сера, обрабатывают, чтобы удалить из них элементарную серу, после чего частицы или гранулы возвращают на стадию выщелачивания.

9. Способ по п.8, причем частицы или гранулы, на поверхности или внутри которых находится элементарная сера, обрабатывают, чтобы удалить элементарную серу, путем нагревания частиц или гранул в печи, чтобы вызвать плавление, или сублимацию, или испарение элементарной серы, чтобы тем самым

можно было удалить элементарную серу из частиц или гранул, или путем нагрева в автоклаве, чтобы образовать серную кислоту, или путем растворения серы в органическом растворителе, таком как толуол.

10. Способ по п.7 или 8, причем элементарную серу, извлеченную из частиц или гранул, собирают или используют в другом процессе или на другой технологической стадии.

11. Способ по п.10, причем частицы или гранулы содержат микропористый катализатор на основе углерода, имеющий форму сферических гранул.

12. Способ по любому из предыдущих пунктов, причем минимальный размер гранул или частиц по меньшей мере вдвое больше максимального размера частиц минерального дисперсного материала, или минимальный размер гранулы или частиц по меньшей мере в 5 раз больше максимального размера частиц минерального дисперсного материала, или по меньшей мере в 10 раз больше максимального размера частиц минерального дисперсного материала, или по меньшей мере в 15 раз больше максимального размера частиц минерального дисперсного материала, или по меньшей мере в 20 раз больше максимального размера частиц минерального дисперсного материала, или по меньшей мере в 50 раз больше максимального размера частиц минерального дисперсного материала, или по меньшей мере в 100 раз больше максимального размера частиц минерального дисперсного материала.

13. Способ по любому из предыдущих пунктов, причем минеральный дисперсный материал имеет максимальный размер частиц 500, или 400, или 300, или 200, или 100, или 80, или 70, или 60, или 50, или 40, или 30, или 20 мкм.

14. Способ по любому из предыдущих пунктов, причем гранулы или частицы имеют минимальный размер 10, или 5, или 4, или 3, или 2, или 1 мм, или 900, или 800, или 700, или 600, или 500, или 400, или 350, или 300, или 250, или 200 мкм.

15. Способ по любому из предыдущих пунктов, причем минеральный дисперсный материал содержит сульфидсодержащий материал, выбранный из одного или более из сульфида меди, сульфида свинца, сульфида цинка, сульфида никеля, сульфида кобальта, сульфида мышьяка или сульфида железа.

16. Способ по любому из предыдущих пунктов, причем стадия выщелачивания приводит к образованию обогащенного выщелачивающего раствора, который содержит один или более растворенных ценных металлов, твердый остаток, содержащий нерастворенный остаток минерального дисперсного материала, и частицы или гранулы, на поверхности или внутри которых находится элементарная сера, и эту смесь разделяют на обогащенный выщелачивающий раствор, имеющий низкое содержание твердых веществ или не содержащий твердых веществ (жидкая фаза), твердый остаток, содержащий нерастворенный остаток минерального дисперсного материала, и частицы или гранулы, на поверхности или внутри которых находится элементарная сера (твердая фаза).

17. Способ по п.16, причем разделение твердой и жидкой фаз проводится так, чтобы отделить обогащенный выщелачивающий раствор от твердого остатка и гранул или частиц, на поверхности или внутри которых находится элементарная сера, причем разделение твердой и жидкой фаз включает одностадийный процесс, на котором выщелачивающий раствор отделяется от твердого остатка и гранул или частиц, или разделение твердой и жидкой фаз включает многостадийный процесс, на котором обогащенный выщелачивающий раствор сначала отделяют от твердого остатка, а затем отделяют от гранул или частиц, или разделение твердой и жидкой фаз включает многостадийный процесс, на котором обогащенный выщелачивающий раствор сначала отделяют от гранул или частиц, а затем отделяют от твердого остатка.

18. Способ по п.17, причем на стадии разделения твердой и жидкой фаз обогащенный выщелачивающий раствор удаляется из смеси твердых веществ, которая содержит твердый остаток и гранулы или частицы, содержащие серу на поверхности или в объеме, и способ дополнительно включает разделение смеси твердых веществ на поток, содержащий твердый остаток, и поток, содержащий гранулы или частицы, содержащие серу на поверхности или в объеме.

19. Способ извлечения ценного металла из минерального дисперсного материала, включающий этапы подачи минерального дисперсного материала на стадию выщелачивания, на которой по меньшей мере один ценный металл из минерального дисперсного материала выщелачивается в выщелачивающий раствор, образуя обогащенный выщелачивающий раствор и твердый остаток, содержащий нерастворенное минеральное вещество и нерастворенный ценный металл, причем минеральный дисперсный материал содержит сульфиды и причем стадия выщелачивания включает этап кислотного выщелачивания, который проводится в окислительных условиях, чтобы сульфиды, присутствующие в минеральном дисперсном материале, окислялись с образованием элементарной серы на стадии выщелачивания, причем гранулы или частицы, которые захватывают элементарную серу, присутствуют на стадии выщелачивания или добавляются в суспензию со стадии выщелачивания, так что элементарная сера поглощается или собирается на гранулах или частицах, и при этом минимальный размер гранул или частиц по меньшей мере вдвое больше максимального размера частиц минерального дисперсного материала;

отделения гранул или частиц, на поверхности или внутри которых находится элементарная сера, от обогащенного выщелачивающего раствора и твердого остатка; и

обработки твердого остатка, чтобы извлечь из него ценный металл.

20. Способ по п.19, причем ценный металл представляет собой золото и/или серебро.

21. Способ по п.19 или 20, причем минеральный дисперсный материал содержит сульфидсодержа-

щий дисперсный материал или тугоплавкую сульфидную руду или концентрат.

22. Способ по любому из пп.19-21, причем твердый остаток обрабатывают способом цианирования, чтобы экстрагировать ценный металл в раствор цианида, с последующим извлечением ценного металла из раствора цианида.

23. Способ по любому из пп.19-22, причем гранулы или частицы, наполненные элементарной серой, обрабатывают, чтобы удалить из них элементарную серу, и затем гранулы или частицы возвращают на стадию выщелачивания.

24. Способ обработки минерального дисперсного сульфидного материала, включающий этапы подачи минерального сульфидного дисперсного материала на стадию окисления, на которой образуется суспензия, содержащая минеральный сульфидный дисперсный материал, и элементарная сера образуется в результате окисления по меньшей мере части минерального сульфидного дисперсного материала, причем суспензия приводится в контакт с гранулами или частицами, которые захватывают элементарную серу, так что элементарная сера поглощается или собирается на гранулах или частицах, и при этом минимальный размер гранул или частиц по меньшей мере вдвое больше максимального размера частиц минерального дисперсного материала; и

отделения гранул или частиц, на поверхности или внутри которых находится элементарная сера, от других твердых веществ в суспензии и от жидкости в суспензии.

25. Способ по п.24, причем суспензию нейтрализуют или жидкость, отделенную от суспензии, нейтрализуют.

26. Способ по п.24 или 25, причем другие твердые частицы суспензии отделяют от гранул или частиц, наполненных элементарной серой, и эти другие твердые частицы содержат нерастворенные ценные металлы, и ценные металлы позднее извлекают.

27. Способ по любому из пп.24-26, причем сульфидный материал содержит пириты.

