

1005660



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

для служебного пользования экз. №

(19) **SU** (11) **1690321** **A1**

(51) **С 22 В 11/00, С 12 S 13/00**

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 4/75298/13
(22) 27.12.89
(71) Отделение природных дисперсных систем Физико-химического института им. А.В. Богатского
(72) Ф.Д. Овчаренко, З.Р. Ульберг, Н.В. Лерцов, В.Г. Степаненко, С.В. Гарбара и С.В. Нечаев
(53) 669.054.8 (088.8)
(56) Заявка Великобритании № 2199315, кл. С 02 F 1/62, 1988.
"Bioprocess. Technol", 1988, 10, № 4, 6.
Авторское свидетельство СССР № 948897, кл. С 02 F 3/34, 1980.
(54) СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ ВОДНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ
(57) Изобретение относится к биотехнологии и цветной металлургии и может быть использовано на обогатительных предприятиях для извлечения коллоидного и тонкодисперсного золота из рудных суспензий, из стоков металлургических предприятий и рудничных вод.

ческих предприятий и рудничных вод. Целью изобретения является интенсификация процесса и повышение степени извлечения коллоидного и тонкодисперсного золота. Способ заключается в том, что в водную суспензию предварительно вводят биомассу бактериальных клеток (штамм *Bacillus cereus*), смесь выдерживают с целью формирования биогетероагрегатов "клетка-минеральная частица" в течение 2-3 мин, после чего отделяют дисперсную фазу, обогащенную золотом, одним из известных способов, например флотацией. Способ позволяет увеличить извлечение золота на 20%, содержание его в хвостах флотации снижается на 3,17 г/т, с высокой эффективностью извлекается также серебро. Способ позволяет эффективно извлекать коллоидное и тонкодисперсное золото до флотационной крупности. 1 з.п. ф-лы, 1 табл.

Изобретение относится к биотехнологии и цветной металлургии, а именно к обогащению золотоносных руд, очистке промышленных стоков и рудничных вод от тяжелых металлов, и может быть использовано на обогатительных предприятиях для извлечения коллоидного и тонкодисперсного золота из рудных суспензий, из стоков металлургических предприятий и рудничных вод.

Известно применение микроорганизмов для извлечения золота из сточных

и рудничных вод [1, 2]. Согласно одному из способов [1], основанному на явлении биосорбции, используют фильтры с иммобилизованными на поверхности волокон клетками микроорганизмов - гифами грибов. Гифы получают выращиванием грибов в соответствующем растворе, затем их инкубируют с текстильным волокном на основе полиэфир или полиэтилена с включенным хитином или хитозаном. Согласно другому способу [2], на тканевых матрицах иммобилизуют клетки микробо-

(19) **SU** (11) **1690321** **A1**

послей *Scenedesmus acutus*, *Chlorella* или *Nostoc muscorum*. Для улучшения адсорбции металлов предложены добавки биополимеров к водорослям из других источников.

Предлагаемые фильтры с иммобилизованными на тканевых матрицах микроорганизмами могут найти применение для улавливания металлов в ионном и коллоидном состояниях только из стоков, содержащих незначительное количество дисперсных частиц. Такие фильтры нельзя применять для извлечения золота из суспензий, поскольку они будут задерживать почти все твердые частицы, а налипание тонкодисперсной посторонней фазы на поверхность лишенных подвижности иммобилизованных микроорганизмов существенно снижает их направленную селекцию на определенный металл. К недостатку способов следует отнести малую пропускную способность, что связано с невысокими скоростями биосорбции. При многотоннажном производстве это требует больших производственных площадей. Процесс осложнен также необходимостью постоянной регенерации фильтров.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому эффекту является способ извлечения золота из воды, включающий предварительное введение в водную фазу микроорганизмов в количестве $10^6 - 10^8$ кл/мл на 1 мг/мл золота, выдерживание смеси в течение 5-45 мин и отделение дисперсной фазы с извлечением золота из последней. В качестве микроорганизмов используют дрожжи родов *Saccharomyces* или *Candida*, или *Rhodotorula*, или бактерии *Escherichia* [3]. Например, из сточных вод ювелирных фабрик с содержанием коллоидного золота 30 мг/л за 30 мин контакта с клетками культуры *Saccharomyces vini* с последующим центрифугированием дисперсной фазы в течение 5 мин при 5000 об/мин извлекается до 96,7% золота, при этом остаточное содержание в воде составляет 1 мг/л. При этом, если дисперсную фазу, содержащую микроорганизмы с извлеченным золотом, отделять от воды, пропуская через ячейку электроудерживания при напряжении 100 В, токе 20 мА и скорости потока 1,5 мл/мин, то коллоидное золото извлекается полностью.

Таким образом, высокая степень извлечения, достигнутая при переработке золотосодержащих сточных вод с помощью указанных микроорганизмов возможна лишь после длительного контакта - до 30-45 мин. При переработке минеральных суспензий обогащенную золотом дисперсную фазу нельзя отделять центрифугированием или с помощью электроудерживания, поскольку в этом случае не обеспечивается селективность. Селективное отделение обогащенной золотом твердой фазы из минеральных суспензий возможно путем флотации с применением традиционных реагентов - гидрофобизаторов (сульфгидрильных собирателей) и вспенивателя. Кроме того, с помощью указанных микроорганизмов не удастся достичь высокой степени извлечения золота флотацией концентрированных минеральных суспензий (рудных пульп), переработка которых наиболее характерна для многих золотоизвлекательных фабрик, а значительная продолжительность предварительной операции выдерживания суспензии с микроорганизмами затрудняет их использование при больших объемах производства.

Целью изобретения является интенсификация процесса и повышение степени извлечения коллоидного и тонкодисперсного золота.

Изобретение заключается в том, что предварительно в водную фазу минеральных суспензий вводят штамм бактерий *Bacillus cereus*, смесь выдерживают 2-3 мин с последующим отделением дисперсной фазы, содержащей золото. Штамм обладает высокой избирательностью по отношению к коллоидному (200-300 Å) и тонкодисперсному золоту (единицы микрон) что обеспечивает высокую полноту извлечения золота.

Штамм выделен из золотосодержащего шельфа Приморья из ассоциата микроорганизмов, проявляющего повышенную способность к коагуляции коллоидного золота. Культуру микроорганизмов *Bacillus cereus* выращивают на мясопептонном бульоне (1:3) или 3-5%-ном растворе гидролизата (или ферментализата) углеводокисляющих дрожжей, выросших на парафинах нефти, при 30-32°C, pH 6,3-6,7 в течение 12-14 ч при аэрации и непрерывном перемешивании.

Культурально-морфологические и физиолого-биохимические особенности штамма *Bacillus cereus* Г 2/7 ВКПМ В-5039.

Бактерии палочковидные, длина клетки 3-5 мкм, ширина 1-1,2 мкм. Образуют споры эллипсоидные, расположение центральное, спорангии не раздувают. Грамположительные, на МПА образуют сплошную пленку, небольшую мусть и осадок. При росте на МПБ не образуют сероводород, индол и аммиак. Гидролизуют крахмал, не гидролизуют казеин, мочевины, тиразин. Не образуют кислоты из маннита, сорбита, ксилиты, арабинозы. Кислота образуется из глюкозы и сахарозы. Продуцируют каталазу. Реакция Фогес-Проскауэра положительная. Восстанавливают нитрат в нитрит, не образуют газ из глюкозы. Не растут в присутствии 7% NaCl. Оптимальная температура культивирования - 30°C, максимальная - 40°C, минимальная - 10°C.

Клетки *Bacillus cereus* образуют в водных растворах с частицами коллоидного золота флокулы (биоагрегаты), обладающие достаточной прочностью, что позволяет легко извлекать их из воды. При взаимодействии клеток с тонкодисперсным и коллоидным золотом в минеральных суспензиях образуются агрегаты, более чем на два порядка обогащенные золотом (по сравнению с исходной суспензией).

Способ реализуется следующим образом.

К водной среде, содержащей золото, добавляют суспензию микроорганизмов в количестве 10-40 г биомассы (в пересчете на сухой вес) на 1 м³ воды. При извлечении золота из минеральных суспензий (рудных пульп) расчет ведется на 1 т перерабатываемой руды. Так, при концентрации твердого в суспензии 25% (Т : Ж ≈ 1 : 3) и расходе биомассы 10 г/м³ суспензии для переработки 1 т руды потребуется биомасса примерно в 3,4 раза больше, т.е. 34 г.

После введения микроорганизмов смесь выдерживают при постоянном перемешивании в течение 2-3 мин и отделяют дисперсную фазу, обогащенную золотом, одним из известных способов. При незначительном содержании твердых частиц в воде (различные технологические среды) дисперсную фазу отде-

ляют путем фильтрации через ячейку электроудерживания либо центрифугированием. При переработке минеральных суспензий обогащенную золотом фракцию выделяют флотацией, для чего в смесь дополнительно вводят флотореагенты.

Для определения содержания золота и степени извлечения выделенную дисперсную фазу (или флотоконцентрат) высушивают и анализируют, пользуясь стандартными методиками.

Биофлотация легко вписывается в существующую схему переработки сырья, не требует перестройки технологических участков или сооружения сложного оборудования, за исключением накопительных и расходных емкостей простых конструкций. Важным достоинством является также непрерывность процесса - не нужно менять фильтры, извлекать и регенерировать загрузку установок электроудерживания.

Пример 1. К раствору золы золота, содержащему 0,45 мг/л золота, добавляют суспензию *Bacillus cereus* в количестве 40 мг/л (при концентрации биомассы в клеточной суспензии 10 г/л это составляет 4 мл на 1 л перерабатываемой среды). Смесь перемешивают в течение 2 мин, после чего биомассу клеток отделяют от раствора центрифугированием при 5000 об/мин в течение 5 мин. Биомассу высушивают и сжигают в муфельной печи, после чего анализируют остаток на содержание золота: 0,5 л перерабатываемого раствора содержат 225 мкг золота; в сухом остатке обнаружено 225 мкг. Извлечение 100%.

Пример 2. Сливы сгустителя одной из обогащательных фабрик содержат 3 мг/л коллоидного золота. Концентрация тонкодисперсных взвешенных частиц (глинистая фракция) в сливах равна 0,5 г/л. С помощью микроорганизмов *Bacillus cereus*, введенных в сливы в количестве 20 г/м³, после выдерживания смеси при перемешивании в течение 3 мин удается извлечь до 2,92 мг/л золота, что составляет 97,3%. При этом остаточное содержание коллоидного золота в сливах равно 0,08 мг/л.

Пример 3. Хвосты гравитации частной пробы руды Береговского месторождения доизмельчают до крупности 80% класса - 0,074 мм, готовят 20%-ную суспензию на водопроводной воде

и флотируют в две стадии в лабораторной флотомашине импеллерного типа ФМЛ-2М с объемом камеры 3,0 л. Основную флотацию проводят в присутствии 5 бутилового ксантогената калия в количестве 80 г/т руды и соснового масла 60 г/т в течение 15 мин. После этого к суспензии добавляют 20 г/т 10 биомассы *B. cereus*, перемешивают 3 мин, дополнительно вводят 60 г/т

ксантогената и 40 г/т соснового масла и флотируют в течение 10 мин. Продукты флотации - концентраты основной и биофлотации и хвосты высушивают и анализируют на содержание золота и серебра. Результаты извлечения золота и серебра из различных руд с помощью бактерий *B. cereus* и *Saccharomyces vini* приведены в таблице.

| Пример | Продукты флотации | Выход, % | Содержание, г/т | | Извлечение, % | | | |
|----------|-------------------|----------|-----------------|------|---------------|------------|------------|----------|
| | | | | | Au | | Ag | |
| | | | Au | Ag | от исход. | от операц. | от исход. | от опер. |
| 1 | Концентрат 1 | 4,7 | 27,0 | 59,3 | 51,1 | 51,1 | 50,3 | 50,3 |
| | Концентрат 2 | 5,3 | 17,8 | 23,1 | 37,0 | 75,6 | 22,1 | 44,5 |
| | Хвосты | 90,0 | 0,33 | 1,7 | $\Sigma =$ | | $\Sigma =$ | |
| | Исходная | 100 | 2,48 | 5,5 | $= 88,1$ | | $= 72,4$ | |
| 2 | Концентрат 1 | 6,7 | 19,4 | 43,6 | 63,4 | 63,4 | 70,0 | 70,0 |
| | Концентрат 2 | 5,9 | 9,4 | 15,1 | 27,2 | 74,3 | 21,3 | 71,0 |
| | Хвосты | 87,4 | 0,22 | 0,41 | $\Sigma =$ | | $\Sigma =$ | |
| | Исходная | 100 | 2,05 | 4,17 | $= 90,6$ | | $= 91,3$ | |
| Прототип | Концентрат 1 | 6,6 | 19,8 | 44,0 | 63,7 | 63,7 | 69,6 | 69,6 |
| | Концентрат 2 | 6,2 | 6,5 | 13,9 | 19,6 | 54,0 | 20,7 | 68,0 |
| | Хвосты | 87,2 | 0,39 | 0,46 | $\Sigma =$ | | $\Sigma =$ | |
| | Исходная | 100 | 2,05 | 4,17 | $= 83,3$ | | $= 90,3$ | |

Извлечение золота в концентрат биофлотации увеличивается на 20% (от операции контрольной флотации). Содержание в хвостах флотации снижается на 0,17 г/т. С высокой эффективностью извлекается также серебро. Незначительное время агитации суспензии с микроорганизмами позволяет успешно реализовать способ при больших объемах производства.

Основным достоинством способа является возможность эффективного извлечения коллоидного и тонкодисперсного золота (дофлотационной крупности, т.е. менее 10 - 5 мкм) из различных техногенных сред - стоков металлургических и обогатительных пред-

приятий, рудничных вод и минеральных суспензий - глинистых, кварцевых, окисленных и высокошламистых руд разнообразного минералогического состава, содержащих тонкодисперсное золото, не извлекаемое традиционными методами (за исключением экологически опасного и не везде применимого цианирования).

При этом достигается следующее улучшение показателей извлечения: повышение суммарной степени извлечения золота из руд на 7,3 - 10,7%; получение более богатого (на 2,9-8,6 г/т) второго концентрата при существенном снижении содержания золота в хвостах флотации (на 0,17-0,18 г/т); сокра-

щение времени выдерживания перерабатываемого сырья с микроорганизмами, необходимого для образования биогетероагрегатов "клетка-частица", до 2-3 мин.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Способ извлечения золота из водных минеральных суспензий, включающий предварительное введение в нее биомассы микроорганизмов, перемешивание и отделение дисперсной фазы

с извлечением из нее золота, отличающийся тем, что, с целью интенсификации процесса и повышения степени извлечения коллоидного и тонкодисперсного золота, в качестве биомассы микроорганизмов используют биомассу бактерий *Bacillus cereus* ВКПМ В-5039 в количестве 10-40 г сухого веса на 1 м³ воды.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что используют минеральную суспензию с концентрацией твердого вещества 10-25%.

Составитель В. Степаненко

Редактор И. Болотина

Техред М.Моргентал

Корректор Н. Ревская

Заказ 4003/ДСП

Тираж

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101

