

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **040314**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.05.19

(51) Int. Cl. *E21B 43/28* (2006.01)
E21C 41/16 (2006.01)

(21) Номер заявки
202000103

(22) Дата подачи заявки
2020.02.14

(54) **СПОСОБ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СХЕМ ВСКРЫТИЯ И РАЗРАБОТКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЕРЕХОДНОВАЛЕНТНЫХ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ
ПОДЗЕМНОГО СКВАЖИННОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ**

(43) **2021.08.31**

(56) EA-B1-023060
US-A-5690390
RU-C2-2707611
RU-C2-2594912
CA-A1-2761496

(96) **KZ2020/007 (KZ) 2020.02.14**
(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**НЕКОММЕРЧЕСКОЕ
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ К.И. САТПАЕВА";
МАМЫТБЕКОВ ГАЛЫМЖАН
КУЛАМКАДЫРОВИЧ;
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И
ОБОГАЩЕНИЯ"; КЕНЖАЛИЕВ
БАГДАУЛЕТ КЕНЖАЛИЕВИЧ (KZ)**

(72) Изобретатель:
**Мамытбеков Галымжан
Куламкадырович, Кенжалиев
Багдаулет Кенжалиевич (KZ)**

(57) Изобретение относится к горному делу, а именно к геотехнологическим способам переработки руд цветных, редких и редкоземельных металлов способом подземного скважинного выщелачивания (ПСВ). Предложен способ проектирования схем вскрытия и разработки месторождений переходновалентных металлов методом подземного скважинного выщелачивания. Изобретение позволяет проводить эффективную отработку "сухих" месторождений при отсутствии пластовых вод с использованием простой и малозатратной технологии. Способ включает сооружение вертикально-горизонтально-вертикальных по форме "скобы" геотехнологических скважин, подачу в рудоносные горизонты выщелачивающих растворов в закачные и откачку продуктивных растворов из откачных скважин, причем они имеют реверсные характеристики, а разработка месторождения ведется от поверхности вглубь пласта по мере отработки выщележащих уровней рудного тела. Техническим результатом предлагаемого способа является снижение затрат на сооружение вертикальных геотехнологических скважин и их количества, изменение методологии схем вскрытия рудных тел, улучшение экологической обстановки и сохранение поверхностного ландшафта месторождения.

B1**040314****040314****B1**

Область техники

Изобретение относится к горному делу, а именно к геотехнологическим способам добычи и переработки твердых полезных ископаемых и может быть использовано при проектировании, бурении и обработке труднопроницаемых упорных руд месторождений цветных, редких и редкоземельных металлов способом подземного скважинного выщелачивания (ПСВ).

Геотехнологический способ выщелачивания полезных ископаемых методом ПСВ является наиболее рентабельным, прогрессивным, экологически приемлемой и технологически выдержанной операцией освоения недр [Подземное выщелачивание полиэлементных руд /под ред. Н.П. Лаверова. М.: Изд. Академии горных наук, 1998. - 446 с].

Главным аргументом в пользу технологии ПСВ является то, что при данном способе нет необходимости значительных капитальных вложений для строительства хвостохранилищ, а при правильной постановке схемы переработки минерального сырья по технологической линии "выщелачивание-переработка-аффинаж-конечная продукция" можно достичь условия для попутного извлечения дополнительной товарной продукции с высокой добавочной стоимостью, порой перекрывающая себестоимость получения целевого продукта.

Технология наклонно-горизонтального или горизонтально-направленного бурения (ГНБ) традиционно используется при добычи жидкого и газообразного углеводородного сырья. Достигнутые успехи и инновации в нефтегазовой отрасли вполне могли бы найти достойное применение при добыче твердых полезных ископаемых (ТПИ).

Подземное скважинное выщелачивание, широко применяющееся при разработке месторождений урана, редких, редкоземельных и цветных металлов, очень чувствительно к анизотропии физико-механических свойств рудного и породного массива. Для обеспечения высоких показателей извлечения полезного ископаемого необходимо создать условия для равномерного распределения реагентов в рудном массиве, одновременно минимизировав дренаж реагентов и растворов в грунтовые и подземные воды. В этом смысле технология наклонно-горизонтального бурения позволит максимально точно заполнить рудное тело реагентами, обеспечив необходимую избирательную откачку с различных участков рудного тела в зависимости от их физико-механических свойств, минерального состава и проницаемости. При этом в качестве вспомогательных мер повышения эффективности скважинного выщелачивания можно рассматривать проходку ниже рудного тела "отсекающих" скважин с целью перехвата возможного дренажа раствора. Таким образом, наклонно-горизонтальное бурение позволяет не только снизить потери полезного ископаемого и повысить его извлечение, но и снизить общий расход реагентов [А.А. Твердов, Э.Э. Байсаров. Передовые технологии бурения наклонно-горизонтальных скважин при разработке твердых полезных ископаемых //Горная Промышленность. 2017. - № 3 (133). - с. 26-30].

Основная задача способа горизонтального бурения заключается в проходке сложного участка пласта в продольном направлении. Горизонтально-направленное бурение является одним из приоритетных направлений при строительстве подземных забоев скважин, так как позволяет обеспечить полное соответствие проекту и при необходимости своевременно осуществлять корректировки [Вскрытие и подготовка рудных месторождений при подземной разработке: учеб. пособ./О.Е. Хоменко, М.Н. Кононенко; М-во образования и науки Украины; Нац. горн. ун-т. - Д.: НГУ, 2016. - 101 с].

При бурении горизонтальной скважины главным является достижение данной области продуктивного пласта и его поперечное сечение. Основная цель бурения горизонтальной скважины - пересечение продуктивного пласта в продольном направлении, при этом протяженность завершающего участка скважины, расположенного в продуктивном пласте (горизонтального участка), может достигать 1000 м и более. Кроме того, метод горизонтального бурения может быть осуществлен как на экстремально неглубоких горизонтах до 30 м в пластах и рудных телах, так и весьма глубоких залежах свыше 300 м полезного ископаемого.

Основным назначением проектирования разработки месторождений независимо от применяемых методов и целевого продукта является обеспечение запланированных уровней добычи при максимальной прибыли с одновременным выполнением экологических требований к окружающей среды и охраны недр.

Предшествующий уровень техники

Известен способ [RU 2092687, опубл. 10.10.1997] подземного выщелачивания металлов из руд, который включает вскрытие рудной залежи скважинами, размещения в них обсадных колонн, фильтров, скребков и электродов, подачу технологических растворов и электроэнергии.

Недостатком данного способа является сложность технологии, требующая знания точной структуры пластов, специального оборудования и характеризуется недостаточно высокой извлекаемостью металлов вследствие зависимости данного процесса от малейшего несовпадения слоистости пластов и кристаллических решеток минералов с электропараметрами оборудования.

Известен патент "Выщелачивания урановой руды на месте залегания" [US 3309140, опубл. 14.03.1967], согласно которому вскрытие рудного тела осуществляют системой откачной скважины - закачные скважины с последующей подачей выщелачивающего раствора через закачные скважины, а откачку продуктивного раствора - через откачные. Недостатком способа является отсутствие информации

по управлению процессом подземного выщелачивания, а следовательно, и возможности получения заданного значения величины рН для дальнейшей переработки продуктивного раствора.

Известен способ выщелачивания металлов из руд [SU 1491076, опублик. 20.11.1970], согласно которому продуктивный горизонт вскрывают системой откачных и закачных скважин и последовательно подают в закачные скважины пластовую воду и кислород, затем - раствор серной кислоты, двухвалентного железа и кислорода, выдерживают раствор в контакте с продуктивным горизонтом до нейтрализации кислоты и окисления двухвалентного железа, подают серную кислоту и откачивают через откачные скважины продукционный раствор. Недостатком способа является его многостадийность и трудность регулирования величины рН продуктивного раствора.

Известен способ подземного выщелачивания окисленных никель-кобальтовых руд [EA 023060, опублик. 29.04.2016], согласно которому месторождение делят на рудные блоки и последовательно их отработывают системой закачных и откачных выработок, которые располагаются в крест движению подземных вод. При этом откачку никель-кобальт содержащего раствора ведут в интервале значений рН не менее 3,0, что способствует выпадению в осадок переведенных в раствор балластных примесей, которые представлены, в основном, ионами железа и алюминия, что позволяет снизить затраты на выщелачивание никель-кобальтовых руд и улучшить экологическую обстановку на месте производства работ.

Недостатком данного технического решения являются значительные затраты на бурение сети вертикальных геотехнологических скважин, их обсадки с отстойником, высокая вероятность протекания кольматационных процессов фильтровой зоны, что отрицательно сказывается на их производительности.

Известен способ выщелачивания полезных ископаемых из продуктивного пласта [RU 2543232, опублик. 27.02.2015], включающий бурение закачных и откачных стволов, подачу выщелачивающего раствора через закачной ствол и откачку продуктивного раствора через откачной. Бурение закачных и откачных стволов производят в одном направлении, располагая откачные стволы под закачными. После бурения первой пары закачного и откачного стволов бурение следующих пар стволов производят по часовой стрелке от первой пары с шагом 45°, а подачу выщелачивающего раствора осуществляют после бурения очередной пары стволов. После откачивания продуктивного раствора использованные стволы заглушают и осуществляют бурение новых стволов против часовой стрелки с шагом от первого откачного и закачного стволов на 22,5°, а последующих - на 45°. При наклонном залегании рудного пласта бурение откачных и закачных стволов осуществляют под углом залегания рудного пласта.

Недостатком данного способа сложность бурения кустовых скважин и снижение устойчивости и целостности колонны основного ствола скважины при разнонаправленном бурении боковых горизонтальных скважин, регулирование режимов работы откачных и закачных скважин.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому способу является принятый за прототип способ разработки инновационной технологии эксплуатации гидрогенных месторождений урана по системе "Один блок и одна поршневая скважина" [KZ 31477, опублик. 15.09.2016], согласно которому разработка блока или эксплуатационного поля, состоящего из нескольких блоков урана, осуществляется с помощью одной поршневой скважины с применением веерных горизонтальных скважин направленного бурения по всем слоям (горизонтам), разделенным в массиве гидрогенной урановой залежи. Таким образом, при подаче химического или биохимического раствора по этим скважинам направленного бурения весь массив гидрогенной залежи урана подвергается процессу выщелачивания, что ускоряет процесс закисления и образования продуктивных растворов, которые затем откачиваются по поршневой скважине на дневную поверхность для их переработки.

Недостатком способа является то, что усложняется задача контроля распределения выщелачивающего раствора по приемистости в сети веерных скважин, распределяющихся от одного ствола вертикальной "поршневой" скважины, повышенная вероятность растекания ВР по пустым породам, возникновение зон повышенной механической кольматации за счет эффектов турбулизации гидродинамическими потоками жидкости из закачных скважин и пластовых вод, не учитывается гравитационная составляющая выщелачивающих и продуктивных растворов, которые могут мигрировать в более глубокие разрезы горизонта и впоследствии не могут быть извлечены из низлежащих пропластков без применения мощных откачных насосов, что приводит к увеличению энергозатрат на добычу, не учитываются временно-пространственные и термодинамические ограничения по кинетике растворения полезного компонента. Кроме того, технология нерентабельна в случае освоения месторождений с малой обводненностью или отсутствием подземных вод вообще, низко- или слабопроницаемыми рудовмещающими породами, например, глинистыми минералами.

Раскрытие изобретения

Задачей, на решение которой направлено изобретение, является предложение эффективного способа проектирования схем вскрытия и разработки технологии подземного выщелачивания переходных цветных, редких и редкоземельных металлов из упорных руд с низким содержанием или отсутствием пластовых вод.

Техническим результатом предлагаемого способа является снижение затрат на сооружение вертикальных геотехнологических скважин и их количества, изменение методологии схем вскрытия рудных тел, улучшение экологической обстановки и сохранение поверхностного ландшафта месторождения.

Предлагаемое изобретение отличается от ближайшего аналога тем, что месторождение делят на рудные блоки и обрабатывают их системой вертикально-горизонтально-вертикальных скважин, причем первая (выщележащая) линия скважин выполняет функцию закачных, куда подается выщелачивающий раствор, ниже которой располагается на некотором расчетном расстоянии в зависимости от условия залегания и угла падения рудного тела с определенным отклонением от линии верхних вертикально-горизонтально-вертикальных скважин, которые выполняют функцию откачных скважин, откуда добывается продуктивный раствор.

Технический результат достигается тем, что рудный горизонт, подлежащий обработке, вскрывается не сетью вертикально пробуренных скважин по различным геометрическим площадным схемам вскрытия (гексагональная, рядная, шахматная, треугольная и т.д.), а линией горизонтальных скважин, которые могут заменить рядное расположение нескольких вертикальных скважин, при этом увеличивается площадь охвата обрабатываемого горизонта и облегчается процесс регулирования проницаемости пластов с низкими фильтрационными параметрами, решается проблема заводнения (закисления) строго в соответствии с текстурой напластования рудоносного горизонта и/или угла залегания рудного пласта. При этом скважина разбуривается таким образом, что проходка бурового инструмента на гибких насосно-компрессорных трубах (колтюбинге) проводится по схеме вертикальный ствол (I) -горизонтальный участок-вертикальный ствол (II) с выходом на дневную поверхность, т.е. траектория скважинного канала представляет собой скобообразную форму с двумя входами (выходами) для подачи выщелачивающего и откачки продуктивного растворов. Фильтрационная зона скважины преимущественно находится на горизонтальном участке (~90%), в основании же вертикального стволов скважины до 10%, т.е. в переходной зоне от пустой породы к рудоносному пласту.

Согласно изобретения, месторождение делят на рудные блоки и последовательно их обрабатывают послойно, при этом откачные и закачные скважины представляют собой вертикально-горизонтально-вертикальные выработки и имеют реверсные характеристики, заключающиеся в том, что по мере обработки месторождения глубь по горизонту функция закачных скважин передается к откачным, а откачных - к закачным, при этом основной вертикальный ствол скважины сохраняет за собой функции приема и отдачи технологических жидкостей на протяжении всего срока эксплуатации до полной глубинной обработки месторождения.

Бурение осуществляется колтюбинговой установкой с телеметрической системой отслеживания траектории проходки породоразрушающего инструмента по каналам вскрываемых пород, в которых устанавливаются ствол и фильтровая зона скважин (фиг. 1).

При этом:

1-я фаза обработки:

верхний (первый) горизонт вертикально-горизонтальных скважин (ВГС) выполняет функцию закачных скважин с расстоянием между рядами K , м,

второй горизонт ВГС пробуривается ниже первого горизонта на глубине h между двумя рядами закачных скважин верхнего горизонта с расстоянием $K_{1,2}$, м, и углом α , который определяется углом падения, условий напластования и текстурой рудоносного горизонта (фиг. 2);

2-я фаза обработки:

после обработки верхнего слоя (h), первый ряд закачной ВГС от основного вертикального ствола пробуривается на глубину $2k$ по горизонтали и переводится с режим работы откачной скважины,

откачные ВГС первой фазы пробуриваются также на глубину $2k$ по горизонтали и переводится в режим работы закачной скважины для третьей фазы обработки.

Далее проводятся аналогичные операции до полной обработки месторождения согласно данной схеме послойной обработки месторождения до больших глубин.

На заключительной стадии осуществляют водную отмывку обработанных блоков для сбора остаточного содержания полезного компонента.

Таким образом, согласно предлагаемого изобретения значительно снижаются материальные затраты на бурение сети вертикальных скважин, вероятность возникновения кольматационных процессов в фильтрационной зоне геотехнологических скважин, облегчается процесс автоматизации управления режимами обработки рудоносного горизонта, снимается экологическая нагрузка на месторождение.

Расчет экономической эффективности только на стадии бурения можно пояснить следующим примером.

Для простоты рассмотрим трехрядную систему расположения скважин площадью 100×40 м (400 м^2) (фиг. 3). Общее число скважин 15, в том числе 10 закачных и 5 откачных. Глубина скважин - 500 м. Стоимость бурения - 8000 тг/п.м.

Всего на сооружение 15 вертикальных скважин согласно стандартной схеме вскрытия рудоносного горизонта расходуется:

$$8000 \times 500 \times 15 = 60000000 \text{ тг.}$$

Стоимость трех вертикально-горизонтально-вертикальных скважин составляет:

$$3(2 \times 8000 \times 500 + 100 \times 8000) = 26400000 \text{ тг.}$$

Разность стоимости бурения по стандартной и предлагаемой технологии составляет 33600000 тг, которая может быть показателем экономической эффективности бурения по схеме вертикально-горизонтально-вертикальная скважина.

Положительным технологическим аспектом предлагаемого изобретения является снижение риска проявления кольматационных явлений в прифильтровой зоне вертикально-горизонтально-вертикально пробуренных геотехнологических скважин, что резко снижает продуктивность за счет ограничения площади охвата пласта технологическими жидкостями, в частности раствором серной кислоты, в случае вертикально пробуренных скважин.

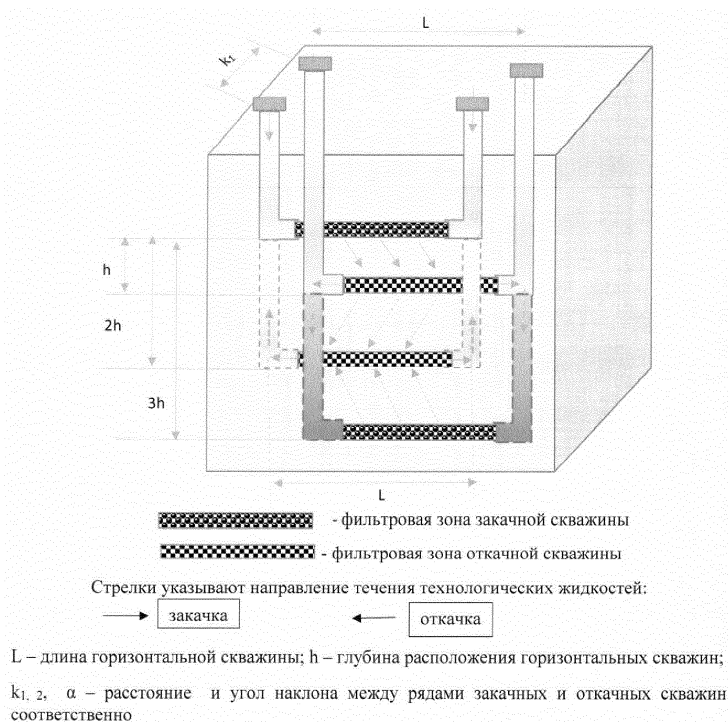
Таким образом, очевидно, что бурение скважин по предлагаемой технологии выгодно как с экономической, так и технологической точек зрения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

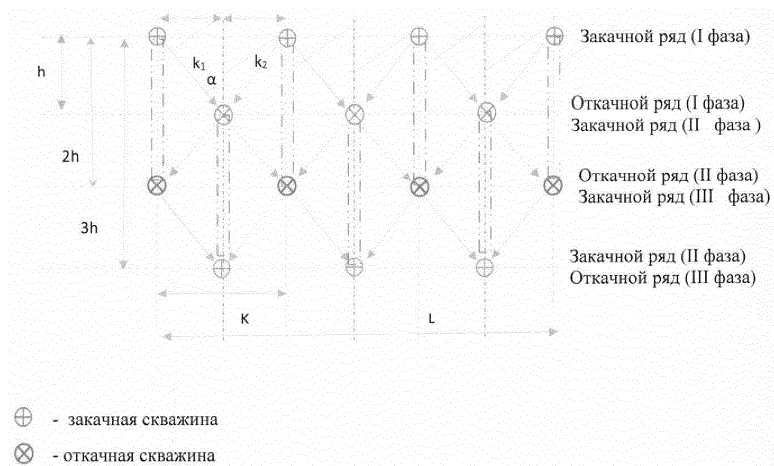
1. Способ проектирования схем вскрытия и разработки месторождений переходновалентных металлов методом подземного скважинного выщелачивания, включающий вскрытие рудоносного горизонта системой вертикально пробуренных закачных и откачных выработок, отличающийся тем, что месторождение вскрывается линией горизонтальных скважин, при этом увеличивается площадь охвата отрабатываемого горизонта и облегчается процесс регулирования проницаемости пластов с низкими фильтрационными параметрами, решается проблема заводнения - закисления строго в соответствии с текстурой напластования рудоносного горизонта и/или угла залегания рудного пласта, причем скважина разбуривается таким образом, что проходка бурового инструмента на гибких насосно-компрессорных трубах колтюбинга проводится по схеме вертикальный ствол I - горизонтальный участок - вертикальный ствол II с выходом на дневную поверхность, т.е. траектория скважинного канала представляет собой скобообразную форму с двумя входами или выходами для подачи выщелачивающего и откачки продуктивного растворов, при этом фильтрационная зона скважины преимущественно находится на горизонтальном участке $\sim 90\%$, в основании же вертикальных стволов скважины - до 10% .

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что разработка месторождения ведется в пространственно-временном режиме по фазам, заключающийся в том, что отработка рудного тела производится с верхнего горизонта вглубь пласта по мере выщелачивания целевых металлов и изменением технологических функций закачных и откачных скважин, т.е. могут работать в реверсном режиме.

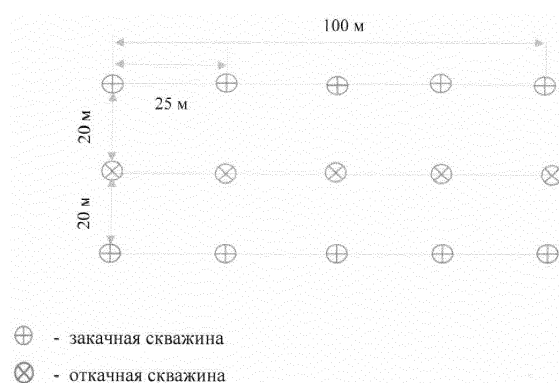
3. Способ по п.1, отличающийся тем, что вертикальная часть ствола скважины сохраняется на всем промежутке отработки месторождения, от которой расходятся линии горизонтальных скважин, траектория которых может изменяться в зависимости от проницаемости рудоносного горизонта, что снижает риск проявления кольматационных явлений в прифильтровой зоне вертикально-горизонтально-вертикально пробуренных геотехнологических скважин.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2