



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) KZ (13) U (11) 5976
(51) E21B 43/28 (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21) 2020/0905.2

(22) 15.07.2019

(45) 09.04.2021, бюл. №14

(72) Ракишев Баян; Матаев Мухаметкали Мусагалиевич; Кенжетаяв Жигер Смадиевич; Шампикова Асель Хаиржановна

(73) Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева»

(56) KZ 20566 B, 15.12.2010

(54) СПОСОБ СКВАЖИННОЙ ДОБЫЧИ УРАНА ИЗ КАРБОНАТНЫХ И НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ РУД

(57) Полезная модель относится к горному делу и может быть использовано скважинной разработки экзогенных месторождений урана.

Задачей полезной модели является интенсификация процессов сернокислотного растворения урана в пласте, повышение дебита технологических скважин, диспергирование глинистых минералов, увеличение периода бесперебойной работы эксплуатационных скважин, повышение окислительно-восстановительного потенциала (ОВП), и снижение уровня pH выщелачивающего раствора.

Технический результат полезной модели - повышение эффективности скважинной разработки инфильтрационных месторождений урана в сложных горно-геологических условиях с низкими фильтрационными характеристиками повышенной карбонатностью, глинистостью продуктивного горизонта. Создание геотехнологических условий для растворения урановых минералов, окисления четырехвалентного урана до шестивалентного состояния и обеспечение требуемой проницаемости пористой среды продуктивного горизонта. Снижение расходование серной кислоты при отработке эксплуатационных блоков в различных горно-геологических условиях подземного выщелачивания урана.

Указанный технический результат достигается способом скважинной добычи урана из карбонатных и низкопроницаемых руд, включающего подачу в продуктивный горизонт выщелачивающего раствора, содержащего серную кислоту и окислитель, согласно изобретению, в качестве окислителя применяется соль железа (III), и дополнительно в раствор вносят лигносульфат аммония, сульфаминовую кислоту при следующем соотношении компонентов, мас. %:

(19) KZ (13) U (11) 5976

Полезная модель относится к горному делу и может быть использовано скважинной разработки экзогенных месторождений урана.

Технология скважинной добычи урана предусматривает вскрытие и подготовку запасов технологического блока через скважины, эксплуатацию с последующей рекультивацией геотехнологического поля. Выщелачивание урана на месте залегания предполагает замену поровой жидкости в пласте на растворитель, растворение полезного компонента с последующим выносом образующихся соединений, движущимся потоком от нагнетательной скважины к откачной. Растворение и транспортировка урановых минералов является основной операцией подготовки урановой руды к добыче, так как оно определяет количество и стоимость конечного продукта. Применение серной кислоты в качестве реагента - растворителя обусловлено относительно низкой стоимостью, доступностью и возможностью более высокого извлечения урана из недр. Однако высокая кинетика взаимодействия серной кислоты с карбонатными минералами рудовмещающих пород вызывают осадкообразование и создание непроницаемых участков в виде геохимического барьера в продуктивном горизонте и прискваженной зоне пласта (ПЗП). При выщелачивании вмещающих пород, со средним содержанием карбоната кальция, в продуктивном горизонте превышающим 1,5 - 2,0%, процессы осаждения многокомпонентных осадкообразований скоротечны и значительно снижают проницаемость пород, образуя устойчивого геохимического барьера. Понижение фильтрационных характеристик пласта и уменьшение концентрации урана в ПР понижают интенсивность отработки эксплуатационных блоков и требуют дополнительного проведения ремонтно-восстановительных работ (РВР) на скважинах. Разработка способов скважинной добычи урана, при которых минимизированы процессы образования геохимического барьера, представляет значительный экономический интерес.

Известен способ выщелачивания урана из карбонатных руд включающий подачу выщелачивающего раствора в нагнетательные скважины и отгрузку продуктивного раствора из добычных скважин с применением в качестве растворителя сернокислотного раствора с концентрацией серной кислоты 3-7 г/л. [Патент РК 20561 от 15.09.2011, бюл №9].

Недостатком данного способа является низкая эффективность в сложных геологических условиях при высокой карбонатности и глинистости продуктивного горизонта. Поскольку образующийся геохимический барьер снизит фильтрационные характеристики пласта и изменит линии тока растворов в продуктивном горизонте. Что затруднит дальнейшую отработку эксплуатационного блока, повысит продолжительность отработки и расход химических реагентов на выщелачивание урана.

Известен способ подземного выщелачивания урана, включающий подачу выщелачивающего раствора состоящий из серной кислоты 5-15 г/л и

добавление лигносульфоната аммония 150 мг/л и последующей подачей растворов в продуктивный горизонт через сеть технологических скважин. [Сернокислотное подземное выщелачивание урана с использованием лигносульфоната аммония, А.П. Филипов, Горный журнал, №10, 2004, С55- 58].

Недостатком данной полезной модели является то, что добавление лигносульфоната аммония не повышает содержание урана в продуктивном растворе (ПР) значительно на месторождениях экзогенного типа. При наличии в пласте четырехвалентного урана для выщелачивания, которого требуется окислитель, в связи с чем добыча затрудняется низким содержанием урана в ПР.

Наиболее близким к заявляемому изобретению является способ подземного выщелачивания урана, включающий обработку руды выщелачивающим раствором, содержащий серную кислоту и окислитель, в качестве окислителя применяется озон, или пероксо соединения при концентрации 0,01-0,10 Моль/л, а также железо (III) генерируемое непосредственно в рудном пласте, в результате действия введенного окислителя [Патент РК №20566 от 12.12.2007, бюл. №12].

Недостатком данной полезной модели является то, что, добавляемые в окислители не стабильны, имеют короткое время существования, после чего распадаются, а также их дороговизна. После распада озона или пероксисоединений, их реакционная способность утрачивается, и снижается эффект добавления данных окислителей.

Задачей полезной модели является интенсификация процессов сернокислотного растворения урана в пласте, повышение дебита технологических скважин, диспергирование глинистых минералов, увеличение периода бесперебойной работы эксплуатационных скважин, повышение окислительно-восстановительного потенциала (ОВП), и снижение уровня pH выщелачивающего раствора.

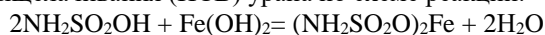
Технический результат полезной модели - повышение эффективности скважинной разработки инфильтрационных месторождений урана в сложных горно-геологических условиях с низкими фильтрационными характеристиками повышенной карбонатностью, глинистостью продуктивного горизонта. Создание геотехнологических условий для растворения урановых минералов, окисления четырехвалентного урана до шестивалентного состояния и обеспечение требуемой проницаемости пористой среды продуктивного горизонта. Снижение расходование серной кислоты при отработке эксплуатационных блоков в различных горногеологических условиях подземного выщелачивания урана.

Указанный технический результат достигается способом скважинной добычи урана из карбонатных и низкопроницаемых руд, включающего подачу в продуктивный горизонт выщелачивающего раствора, содержащего серную кислоту и окислитель, согласно изобретению, в качестве окислителя применяется соль железа (III), и

дополнительно в раствор вносят лигносульфат аммония, сульфаминовую кислоту при следующем соотношении компонентов, мас. %:

лигносульфат аммония 0,05-0,1
сульфаминовая кислота 0,1-0,5
соль железа (III) 0,01-0,1
серная кислота 0,3-0,5
вода остальное

Технический результат достигается за счет одновременного присутствия в данном составе химических реагентов обеспечивающие синергетический эффект, повышающие проницаемость продуктивного горизонта, увеличение ОВП, понижение pH раствора. Концентрации серной кислоты и химических реагентов, а также длительность подачи химических реагентов в состав ВР задают в зависимости от индивидуальных характеристик месторождения. Приведенный технический результат достигается за счет следующего. Очевидно, что высокая эффективность предлагаемого состава обеспечивается за счет синергетического эффекта, проявляющегося через одновременное присутствие в составе химических реагентов позволяющие повысить окислительно-восстановительный потенциал, понизить pH раствора, увеличить проницаемость продуктивного горизонта, возможность изменять содержание сульфаминовая кислота (САК) и FeCl_3 регулируя значения ОВП в растворе в зависимости от горно-геологических характеристик продуктивного горизонта. Так, сульфаминовая кислота понижает pH раствора и повышает ОВП процесса подземно-скважинного выщелачивания (ПСВ) урана по схеме реакции:



В результате сульфаминовая кислота связывает в комплекс двухвалентное железо, за счет чего повышается концентрация трехвалентного железа, генерируемого в пласте, в результате происходит окисление четырехвалентного урана до шестивалентного состояния.

Поверхностно-активные вещества (лигносульфонат аммония) обеспечивает глубокое проникновение состава в поры пласта, понижает набухание и диспергирует глинистые породы продуктивного горизонта.

Хлорид железа (III), хлорное железо FeCl_3 — средняя соль трёхвалентного железа и соляной кислоты, является окислителем четырехвалентного урана до шестивалентного растворимого состояния.

Все вышеперечисленные эффекты взаимно перекрываются и усиливаются, обеспечивая высокий синергетический эффект предлагаемого состава. Таким образом обеспечивается его высокая эффективность.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления полезной модели

Для определения окислившегося количества урана и концентрации Fe^{3+} из керновой пробы был проведен опыты по агитационному выщелачиванию А пластовой воде, В серной кислоте 10 г/дм³, с добавлением САК - 1 г/дм³, лигносульфата аммония (ЛСТ)- 1 г/дм³

Результаты опыта А на пластовой воде показали наличие в породе окислившихся форм урана: после 6 часов агитации - 4,4%, 24 ч - 8,9%, 48 ч - 13,2%, 72 ч - 17,4%.

В опыте В по агитационному выщелачиванию растворе серной кислоты с концентрацией 10 г/дм³ концентрация урана увеличилась с 67,8 мг/дм³ после 6 часов до 95,08 мг/дм³ через 72 часа. Степень извлечения урана составила 97,456%. Также происходит выщелачивание железа общего от 71 мг/дм³ после 6 часов агитации до 150 мг/дм³ после 72 часов. Растворы остаются с достаточным содержанием свободной серной кислоты, поэтому, вероятно, Fe^{2+} , которое образуется после окисления урана, быстро окисляется до Fe^{3+} . Концентрация ионов Fe^{2+} меняется от 1 мг/дм³ после 6 часов агитации до 0,5 г/дм³ после 72 часов, а Fe^{3+} изменяется от 70 мг/дм³ до 149,5 мг/дм³.

В опыте С, при добавлении в выщелачивающий раствор серной кислоты с концентрацией 10 г/дм³ с добавлением САК - 1 г/дм³, ЛСТ - 1 г/дм³ концентрация урана увеличилась с 69,6 мг/дм³ после 6 часов до 96,0 мг/дм³ через 72 часа. Степень извлечения урана составила 98,462%. В данном опыте железо меняет свои формы так же, как и в опыте В. САК проявляет сильные окислительные свойства, поэтому концентрация ионов Fe^{2+} меньше чем Fe^{3+} , и меняется от 1 мг/дм³ после 6 часов агитации до 13 г/дм³ после 72 часов, а концентрация ионов Fe^{3+} изменяется от 77 мг/дм³ до 180 мг/дм³. В опыте С выщелачивание железа проходит интенсивнее, чем в опыте В, этому способствует дополнительный интенсификатор САК. Результаты выщелачивания урана из руды и концентрации $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ в ПР приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты выщелачивания урана из руды и концентрации $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ в ПР

Опыт	Время с начала агитации, час	Концентрация H_2SO_4 в ВР, г/дм ³	Концентрация САК в ВР, г/дм ³	Концентрация ЛСТ в ВР, г/дм ³	pH		Eh		Концентрация Fe^{3+} в ПР, мг/дм ³	Концентрация Fe^{2+} в ПР, мг/дм ³	Концентрация урана в ПР, мг/дм ³	Степень извлечения, %
					до агитации (ВР)	после агитации (ПР)	ДО агитации (ВР)	после агитации (ПР)				
А	6	H_2O			7,86	7,83	191	189	<0,05	<0,05	3.8	4,385
А	24	H_2O				7,66		184	<0,05	<0,05	8.0	8,889

A	48	H ₂ O				7,26		194	<0,05	<0.05	12.4	13,248
A	72	H ₂ O				7,54		168	<0,05	<0.05	17.0	17,436
B	6	10			0,92	0,93	456	437	70	1	67.8	78,231
B	24	10				0,94		426	103	3	77.0	85,556
B	48	10				0,95		425	132	1	91.0	97,222
B	72	10				0,98		419	150	0	95.0	97,436
C	6	10	1	1	0,26	0,27	506	472	77	1	69.6	80,308
C	24	10	1	1		0,28		462	111	8	85.0	94,444
C	48	10	1	1		0,28		454	138	2	92.0	98.291
C	72	10	1	1		0,28		449	180	13	96.0	98,462

ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ

Способ скважинной добычи урана из карбонатных и низкопроницаемых руд, включающий подачу в продуктивный горизонт выщелачивающего раствора, содержащего серную кислоту и окислитель, *отличающийся* тем, что в качестве окислителя применяют соль железа (III),

дополнительно в раствор вносят лигносульфонат аммония и сульфаминовую кислоту, при следующем соотношении компонентов, мас. %:

лигносульфонат аммония — 0,05-0,1;
 сульфаминовая кислота — 0,1-0,5;
 соль железа (III) — 0,01 -0,1;
 серная кислота — 0,3 -0,5;
 вода — остальное.