

АННОТАЦИЯ

диссертация на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070700 – «Горное дело»

Кенжетаев Жигер Смадиевич

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СКВАЖИННОЙ ДОБЫЧИ УРАНА НА ОСНОВЕ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Актуальность темы.

Казахстан обладает 14 % мировых разведанных запасов урана и занимает второе место после Австралии, 70 % из них пригодны для разработки скважинным способом. Способ подземного выщелачивания урана в Казахстане применяется на 26 участках, объединенных в 13 уранодобывающие компании. Совокупный объем добычи природного урана составляет более 40 % общемирового уровня.

На предприятиях подземного выщелачивания урана ежегодно увеличивается количество эксплуатационных скважин и технологических блоков. Это вызвано постепенным уменьшением продуктивности вскрываемых блоков и снижением коэффициента использования скважин с 0,9 до 0,7-0,6. А также преобладанием в рудах тонкозернистых агрегатов каолинита, калиевого шпата и гипса образуют многокомпонентные, сложнорастворимые осадкообразования, включающие частицы кремния, гипса и глинистых минералов. Они способствуют более интенсивному снижению производительности геотехнологических скважин в связи, с чем возникла проблема интенсификации. При этом отсутствуют действенные инструменты для повышения производительности скважин и предотвращения осадкообразований на длительный период в сложных горно-геологических условиях. Освоение эксплуатационных блоков в этих условиях часто сопровождается серьезными осложнениями и необратимым снижением проницаемости прискважинной зоны продуктивного пласта (ПЗП), что резко увеличивает сроки освоения и приводит к дополнительным затратам. На месторождениях растет доля простаивающих скважин, требующих проведения сложного капитального ремонта, который по затратам соизмерим со строительством новых скважин.

Для повышения эффективности скважинной добычи урана используются химические методы интенсификации, основанные на взаимодействии растворов кислот при гипсовых отложениях (Мамилов В.А., Битимбаев М.Ж., Юсупов Х.А., Язиков В.Г., Жатканбаев Е.Е.). Другими авторами предложены научно-технические решения по подбору рациональных параметров вскрытия и интенсификации скважинной добычи урана в слабопроницаемых рудах (Молчанов, А.А., Дуйсебаев Б.О.,

Аликулов Ш.Ш., Каримов И.А.). Полученные авторами результаты исследований послужили основой для поиска и разработки нового направления повышения эффективности подземного скважинного выщелачивания урана при многокомпонентных и комплексных осадкообразованиях.

Анализ этих и других работ показывает, что цель поиска новых путей повышения эффективности скважинной добычи урана в сложных горно-геологических условиях, является актуальной, научной, научно-технической задачей.

Цель исследования – установление закономерностей изменения свойств и структуры осадкообразующих компонентов от состава и концентраций химических реагентов для повышения эффективности скважинной добычи урана.

Идея работы, заключается в применении комплекса химических реагентов многофункционального назначения, повышение эффективности подземного скважинного выщелачивания урана за счет интенсификации геотехнологических процессов в сложных горно-геологических условиях.

Задачи исследования:

Для достижения поставленных целей сформулированы и решены следующие задачи:

1. Изучение состава и структуры, физико-химических характеристик руд продуктивного горизонта и осадкообразующих компонентов в прифильтровой зоне скважин урановых месторождений Сырдарьинской депрессии.

2. Установить закономерности изменения фильтрационных характеристик руд продуктивного горизонта и параметров извлечения урана в зависимости от состава рудовмещающих пород и комплекса химических реагентов многофункционального назначения.

3. Разработать методику обоснования рациональных параметров применения химических реагентов многофункционального назначения для повышения эффективности скважинной добычи урановых руд.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Интенсивность осадкообразования при скважинной добычи урана увеличивается в зависимости от гранулометрических и минералогических характеристик руд продуктивного горизонта по экспоненте.

2. При низкой скорости фильтрации растворов в слабопроницаемых рудах, ее снижение исключается при добавлении сульфаминовой кислоты и лигносульфоната в выщелачивающий раствор.

3. Рациональные параметры использования химических реагентов достигаются при прямо пропорциональном увеличении расхода сульфаминовой кислоты от 0,2 до 0,4 кг/т горно-рудной массы (ГРМ), а лигносульфоната от 0,1 до 0,2 кг/т ГРМ при повышенных значениях мелко-тонкозернистой фракции от 40 до 60 % от общей массы руды продуктивного

горизонта. При этом площадь обрабатываемой ГРМ увеличивается на 50 %, за счет растекания химических реагентов в продуктивном горизонте.

Основные результаты исследования и их практическое значение:

1. На основе рентгенофазовых исследований и сравнительного анализа минералогического состава руд и осадкообразующих компонентов Сантонского, Маастрихтского и Кампанского продуктивных горизонтов установлены основные факторы влияющие на фильтрационные характеристик руд. Установлено что наличие гипса свыше 5 % и глинистых минералов свыше 20 % а также неоднородность руд продуктивного горизонта образуют осадки затрудняющие процессы скважинной добычи урана. Соотношение тонкозернистых агрегатов, каолинита, глинистых минералов к средне-крупнозернистым фракциям в горно-рудной массе определяет скорость осадкообразований и снижение фильтрационных характеристик руд продуктивного горизонта.

2. На основании установленных закономерностей изменения свойств и структуры осадкообразований и фильтрационных характеристик руд были выбраны химические реагенты позволяющие эффективно разрушать и предотвращать процессы осадкообразования при скважинной добычи урана. Это достигается за счет применения сульфаминовой кислоты, в качестве понизителя рН раствора с комплексообразующими свойствами, лигносульфонат в качестве пенообразователя и растворителя глинистых минералов. При выщелачивании урана из керновых материалов удалось повысить извлечение урана из руды с 70 до 80 %, снизить удельный расход серной кислоты с 50 до 40 кгH₂SO₄ /кгU, за счет повышения скорости фильтрации с 0,5 до 0,6 м/сут.

3. Разработана технология обработки продуктивного горизонта геотехнологических скважин с низкими фильтрационными характеристиками руд выбранным комплексом химических реагентов многофункционального назначения. Она предусматривает подачу в продуктивный горизонт сульфаминовой кислоты в количестве 0,2 – 0,4 кг/т ГРМ, лигносульфоната 0,1 – 0,2 кг/т ГРМ в зависимости от количества карбонатных и глинистых минералов, коэффициента фильтрации руд в продуктивном пласте. Обоснованы эффективные параметры применения новой технологии в зависимости от минералогических характеристик руд вмещающих пород продуктивного горизонта. В целом обеспечивается интенсификация выщелачивания урана на этапе отработки эксплуатационных блоков и снижение удельных норм серной кислоты в сложных горно-геологических условиях уранодобывающих предприятий Республики Казахстан.

Объект исследования – урановые месторождения Сырдарьинской депрессии.

Предметом исследования являются технология скважинной добычи урановых руд.

Методологическая база научных исследований

При выполнении научных исследований использован анализ и обобщение научно-технической информации, методы математической статистики для обработки экспериментальных данных и технико-экономического обоснования различных вариантов технологий. При проведении лабораторных работ использовано, теоретическое обобщение экспериментальных данных, рентгенофазовый метод исследования минералогических характеристик проб керновых материалов и осадкообразующих компонентов. Экспериментальными работами на геотехнологических скважинах подтверждены полученные результаты с применением разработанной методики проведения испытаний. Она предусматривает сбор и мониторинг данных, отслеживание, сравнительный анализ геотехнологических характеристик скважин до и после проведения испытаний с применением комплекса химических реагентов многофункционального назначения.

Научная новизна: установлена закономерность изменения физико-химических характеристик осадкообразующих компонентов от минералогического состава руд продуктивного горизонта и концентрации серной кислоты при скважинной разработке. Выявлены эффективные параметры и концентрации химических реагентов для повышения извлечения урана при выщелачивании в трубках в низкопроницаемых рудах. Установлена закономерность изменения расхода химических реагентов от гранулометрических и минералогических характеристик руд продуктивного горизонта при интенсификации скважинной добычи урана.

Соответствие работы направлениям развития науки или государственным программам

Диссертация выполнена в соответствии с проектами АР05131477 по теме: «Разработка новой технологии подземного выщелачивания урана с применением комплекса химических реагентов синергетического действия для скважинной добычи урановых руд», (2018-2020 гг), АР08856422 по теме: «Разработка инновационной технологии интенсификации скважинной добычи урана с применением гидродинамического устройства декольматации в сочетании с комплексом химических реагентов многофункционального назначения» (2020-2022 гг), в рамках грантового финансирования по научным и (или) научно-техническим проектам.

Публикации и апробация работы.

Основные положения диссертационной работы докладывались на E3S Web of Conferences 2020 году, международной научно-практической конференции «Рациональное использование минерального и техногенного сырья в условиях Индустрии 4.0» (г. Алматы, 2019г.), научно-практической конференции "САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ - 2019" (г. Алматы, 2019 г.).

Апробация разработанной технологии интенсификации скважинной добычи урана была проведена в научной лаборатории исследования

материалов ТОО «Институт высоких технологий» и в рамках НИР по теме: «Проведение опытно-промышленных испытаний с целью интенсификаций извлечения урана в сложных горно-геологических условиях за счет подбора оптимального состава растворов для РВР с разработкой технологического регламента по применению на ГТП» (2020 г) на месторождениях урана Сырдарьинской депрессии.

По теме диссертации опубликовано 15 печатных работ. Из них шесть в журнале, входящем во 2-ой квартиль по данным по базе данных Scopus (Скопус), пять – в журналах, входящих в 3-й квартиль по базе данных Scopus (Скопус), и четыре в материалах конференций. В каждую опубликованную статью докторантом был внесен достойный вклад, в них отражены выносимые на защиту положения, результаты, полученные докторантом в ходе проведенных исследований.

Получено 3 авторских права на разработанную технологию интенсификации скважинной добычи урана по теме:

- «Способ скважинной добычи урана из карбонатных и низкопроницаемых руд»;
- «Передвижная установка гидродинамической обработки технологических скважин»;
- «Способ интенсификации подземного выщелачивания урана».

Объем и структура работы.

Диссертация состоит из введения, трех разделов, заключения, списка использованных источников и приложений. Объем диссертации составляет 100 страниц машинописного текста, 26 таблиц, 44 рисунков, списка литературы, включающего 74 наименований.

Заключение

1. Состав осадкообразующих компонентов Сантонского и Мастрехтского ярусов преимущественно состоят из гипса (90 – 98 %) и кремния (2 – 10 %), тогда как осадки Кампанского яруса многокомпонентные и включают кварц (10 – 40 %), гипс (10 – 30 %), кальцит (5 – 20 %), глинистые минералы (20 – 40 %). Это обусловлено сложной структурой и высокой неоднородностью рудовмещающих пород продуктивного пласта.

2. В лабораторных условиях установлено совокупное действие комплекса химических реагентов многофункционального назначения. Которое позволяет повысить скорость фильтрации в рудах с 0,5 до 0,62 м/сут, снизить значение Ж:Т с 1,32 до 1,2 при достижении извлечения урана из руды 70 %. При этом сокращается удельный расход серной кислоты на единицу растворенного урана с 50 до 40 кг/кгU.

3. Разработана и опробована методика расчета и обработки прифилтровой зоны скважин и продуктивного горизонта, применение которой позволила повысить эффективность скважинной добычи урана в сложных горно-геологических условиях с учетом фильтрационных

характеристик руд продуктивного горизонта. Установлена эффективная площадь растекания химических реагентов в продуктивном горизонте на радиус от 10 до 25 метров от скважины, в результате производительность добычных скважин повысилась с 4,0 до 6,0 м³/час, средний период бесперебойной работы скважин увеличился с 20 – 30 суток до 45 – 60 суток.

4. Обоснованы параметры применения комплекса химических реагентов многофункционального назначения в зависимости от минералогических характеристик руд продуктивного горизонта и состава осадкообразующих компонентов. Это позволяет повысить фильтрационные характеристики прифилтровой зоны пласта, содержание урана в продуктивном растворе на 20 %, увеличение производительности добычных и приемистости нагнетательных скважин на 20 – 30 %, сокращение периода отработки блоков и эксплуатационных расходов на добычу на 5 %.