

ОТЗЫВ
официального рецензента на диссертационную работу
Курмансейіт Мақсат Бақытжанұлы
на тему: «Исследование физико-химических процессов при добыче минералов методом выщелачивания», представленную
на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности «6D060300 – Механика»

№п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам: 1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы) 2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы) 3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)	Диссертационная работа соответствует приоритетным направлениям развития науки или государственным программам Республики Казахстан Данная диссертационная работа выполнялась в рамках следующих научных проектов: – 3290/ГФ4 «Разработка геотехнологического информационно-моделирующего комплекса для оптимизации добычи полезного компонента методом подземного скважинного выщелачивания», грантовое финансирование научных исследований КН МОН РК, 2015 – 2017 гг., № ГР 0115РК00771; – BR05236447 «Интеллектуальные системы управления и принятия решений для разработки месторождений урана и нефти», программно-целевое финансирование научных исследований КН МОН РК, 2018 – 2020 гг., № ГР 0118РК01275; – AP19676743 «Разработка методов расчета схемы дебаланса растворов, режимов работы геотехнологического полигона и создание геотехнологической информационной системы для эффективной добычи подземным выщелачиванием», ГФ КН МОН РК, 2023-2025 гг., № ГР 0123РК00564.

2.	Важность для науки	Работа вносит/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта	Работа вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта . Существенный вклад диссертационной работы в науку и ее важность подтверждается публикациями соискателя в международных высокорейтинговых рецензируемых зарубежных и отечественных журналах, а также докладами на профильных научных конференциях.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) Высокий ; 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет	В диссертационной работе соблюден принцип самостоятельности, о чем свидетельствует авторство во всех ключевых публикациях по теме исследования, в том числе в статьях, опубликованных в международных рецензируемых изданиях, где соискатель является первым автором или автором для корреспонденции.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) Обоснована ; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	В работе исследуются физико-химические процессы, протекающие при добыче урана методом подземного выщелачивания. Актуальность темы подтверждается тем, что Казахстан является мировым лидером по добыче урана, при этом весь уран добывается методом подземного выщелачивания. В работе предложена модель массопереноса и разработан программный код, которые вошли в геотехнологический комплекс «Geostat», апробированный и используемый на месторождениях Казатомпрома.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) Отражает ; 2) Частично отражает; 3) Не отражает	Содержание диссертации полностью отражает тему исследования, разделы диссертации связаны друг с другом и имеют четкую логическую последовательность изложения.

		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) соответствуют; 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют	Цель диссертационной работы полностью соответствует тематике исследования, задачи исследования ориентированы на ее достижение.
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) полностью взаимосвязаны; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует	Диссертационная работа включает введение, три раздела и заключение. Во введении раскрыты актуальность исследования, сформулированы цель работы, новизна, теоретическая и практическая значимость исследования, приведен перечень научных конференций и мероприятий, где выполнена апробация работы. Модель гидродинамики раствора в пористой среде, разработанная в первом разделе используются во втором и третьем разделах диссертации; численный вывод второго раздела используется в третьем, что говорит о имеющейся логической взаимосвязью между разделами диссертации.
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) критический анализ есть; 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов	В диссертационной работе представлен критический анализ, и все новые решения, предложенные соискателем, подкреплены аргументацией. Выполнено сравнение и произведена оценка отклонений полученных результатов исследования с экспериментальными данными других авторов.
5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Научные результаты и положения, выносимые на защиту, являются полностью новыми. Научная новизна исследования заключается: • в разработке физико-химической, математической и 3D численной моделей массообменных процессов в пористых средах, возникающих при добыче урана методом

			подземного скважинного выщелачивания с применением метода линий тока и ускорением расчетов на графическом процессоре; • в установлении закономерностей процессов фильтрации растворов, растворения минерала и переноса растворенных веществ в рудоносном пласте, учитывающих растворение соединений четырех и шестивалентного урана, и компонент породы.
		5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Выводы диссертационной работы являются новыми. Представленные в работе исследования и интерпретация их результатов отражают оригинальный подход к решению рассматриваемой проблемы, что подчеркивает уникальность и важность полученных выводов.
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Разработана новая модель химического взаимодействия при подземном скважинном выщелачивании (ПСВ), которая учитывает расход кислоты на взаимодействие с породой, что повышает точность экономической оценки рентабельности добычи. В целом, технические решения, предложенные в диссертационной работе, являются полностью новыми.
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы основаны/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)	Обоснованность используемых моделей и методов, а также основных выводов диссертации подтверждается выполненным обзором различных источников. При разработке модели взаимодействия выщелачивающего раствора с минералосодержащей породой и определении констант скоростей реакций были использованы исследования и публикации других авторов, с

			указанием соответствующих библиографических ссылок. Математическая модель строилась на основе фундаментальных законов механики, а для моделирования процессов применялись проверенные численные методы. Все выводы и факты согласуются с существующими исследованиями в этой области.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: 7.1 Доказано ли положение? 1) доказано; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) нет 7.3 Является ли новым? 1) да; 2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) широкий 7.5 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет	Основные положения, представленные на защиту, являются новыми, доказанными и нетривиальными. Разработанная модель массопереноса была успешно применена к полномасштабному полевому экспериментальному участку месторождения Буденовское, продемонстрировав высокое соответствие экспериментальных данных с результатами моделирования. Эта модель также подходит для исследования процессов добычи редкоземельных минералов и металлов методом подземного скважинного выщелачивания. Все результаты, описанные в диссертационной работе, были опубликованы соискателем в научных статьях и тезисах, а на созданные программные модули получены авторские свидетельства.
8.	Принцип достоверности Достоверность источников и	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана 1) да; 2) нет	Методология исследования достаточно подробно описана в диссертационной работе. Математическая модель построена на основе фундаментальных законов механики, для

	предоставляемой информации	8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) да; 2) нет 8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента): 1) да; 2) нет	моделирования использовались известные хорошо апробированные методы. В работе применяются высокопроизводительные вычисления на графическом процессоре (GPU) при расчете поля давления, а также метод линий тока при моделировании процессов растворения и массопереноса. Это позволяет обеспечить высокую вычислительную скорость и повысить эффективность моделирования сложных процессов. Таким образом, при получении результатов диссертационной работы использованы современные методы научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий. В силу определенных ограничений, связанных с проведением исследований с радиационным материалом, соискатель в исследовании использовал экспериментальные данные других исследователей для определения констант скоростей растворения породы серной кислотой. Эти константы были впоследствии применены в моделировании полномасштабного полевого эксперимента на месторождении Буденовское, показав хорошее соответствие с наблюдаемыми данными, т.е. результаты моделирования подтвердили точность и применимость теоретических выводов и выбранных моделей. Таким образом, теоретические выводы, используемые модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием.
--	-----------------------------------	--	--

		8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	Все утверждения, используемые в диссертационной работе, подтверждены ссылками на соответствующую актуальную литературу. Это обеспечивает надежность и обоснованность представленных данных, а также демонстрирует глубокое понимание соискателем исследуемой темы и существующих научных дискуссий в данной области.
		8.5 Используемые источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора	Соискателем проведен всесторонний и детальный литературный обзор по теме исследования, охватывающий ключевые теории, методологии и эмпирические исследования в данной области. В обзоре были проанализированы актуальные научные публикации, монографии и статьи из рецензируемых журналов.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) да; 2) нет	В работе применены различные методы ускорения расчетов: разработан алгоритм расчетов на графическом процессоре (GPU) и применен метод линий тока, а также получено приближенное решение для быстрого прогнозирования процесса извлечения. Все вышеперечисленное подтверждает высокий теоретический уровень представленной диссертационной работы.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да; 2) нет	Исследования, проведенные в диссертационной работе, имеют практическое значение. В работе предложена новая модель для описания химического взаимодействия раствора верной кислоты при движении в породе, которая учитывает растворение соединений шести- и

			четырёхвалентного урана и компонент породы. Учет растворения компонент породы позволяет посчитать расход серной кислоты при извлечении урана. На основании экспериментальных данных в трубке определены константы скоростей реакция для указанной модели, которые протестированы на полномасштабном опытном участке месторождения Буденовское. Разработанная модель массопереноса и компьютерная программа вошли в программное средство для анализа и оптимизации добычи урана методом ПСВ «Geostat», которые прошли апробацию и используются на месторождениях Орталык, Инкай и Семизбай.
		9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Предложения для практики, представленные в диссертационной работе, являются полностью новыми.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Академическое письмо выполнено на высоком уровне, и имеющиеся грамматические и стилистические ошибки не уменьшают научную ценность исследования.

Решение официального рецензента: присудить степень доктора философии (PhD) по специальности 6D060300 – Механика

Официальный рецензент:

профессор

Международного университета

информационных технологий

доктор физико-математических наук



Рысбайулы Болатбек

