

## **ОТЗЫВ**

**рецензента на диссертационную работу Оракбаева Ербола Жумагельдиевича на тему «Исследование и разработка эффективных систем управления процессом подземного выщелачивания», представленную на соискание степени доктора PhD по специальности 6D070200 –Автоматизация и управление**

**1. Актуальность темы исследования и ее связь с общенаучными и общегосударственными программами (запросами практики и развития науки и техники)**

Процесс добычи металлов способом подземного выщелачивания(ПВ) является основным в урановой промышленности Казахстана.

Разработка новых систем управления ориентированных на повышение эффективности технологического процесса является весьма актуальным.

Определенный интерес вызывает предложенный подход к разрабатываемой системе, базирующийся на математической модели технологического процесса как объекта управления и отражающий процесс ПВ, протекающий в подземной части геотехнологического поля рудника.

Диссертационная работа Оракбаева Е.Ж. написана в рамках следующих приоритетных направлений, представленных МОН РК:

–Приоритет №3. Информационные и телекоммуникационные технологии. Подприоритет 3.1. Информационные технологии;

–Приоритет №5. Интеллектуальный потенциал страны. Подприоритет 5.2. Фундаментальные исследования в области естественных наук.

**2. Научные результаты в рамках требований к диссертациям (пп.1-3 п.5 Правил присуждения ученых степеней и паспортов соответствующих специальностей научных работников)**

**Цель диссертационной работы, сформулированная автором –** исследовать и разработать новую автоматизированную систему эффективного распределения выщелачивающих растворов(ВР) по геотехнологическому полю (ГТП) для повышения степени извлечения металла с рудного поля.

Результатом диссертации является: предложенная трёхуровневая система управления, где на нижнем уровне управления решается задача управления по отдельным скважинам, на среднем уровне решается задача управления распределения ВР по блокам геотехнологического поля, на верхнем уровне решается задача выбора режимов эффективного управления процессом выщелачивания по ГТП в целом.

Для каждого уровня управления разработаны соответствующие модели технологического процесса, отражающие уровень представления объектов управления.

Предложены алгоритмы параметрической идентификации рассмотренных моделей, используемых на соответствующих уровнях управления.



Поставленные в работе цели и задачи, соискателем были успешно решены.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка использованных источников и приложения.

**Во введении** автором на основе анализа показана актуальность диссертационной работы, сформулирована цель и основные задачи работы, научная новизна и основные научные положения, выносимые на защиту. Также показана практическая значимость результатов исследований и приведено подтверждение достоверности и обоснованности научных положений. Приведены результаты работы и ее апробация, показывающие их соответствие требованиям комитета по контролю в сфере образования и науки МОН РК.

**В первом разделе** диссертантом изложены основные принципы подземного выщелачивания, приведены основные особенности ведения процесса, показаны современные подходы к управлению процессом.

В этом разделе соискатель обозначил основные проблемы, связанные с отсутствием решения по распределению ВР по закачным скважинам.

**Во втором разделе** диссертации разработаны математические модели рассматриваемой системы технологической цепочки «Закачная скважина – Рудное тело – Откачная скважина», распределения потоков и прогноза концентрации металлов продуктивных растворов по блокам ГТП. Рассмотрена параметрическая идентификация предложенных моделей. При этом предложены режимы эффективного распределения ВР методом пробных шагов на объекте идентификации. Приведены исследования математических моделей в среде Matlab, с целью поиска оптимальных режимов выщелачивания. Показано, что при определенных условиях имеется оптимальный режим выщелачивания, при котором создается максимальный градиент давления в рудном поле, обеспечивающий эффективную фильтрацию выщелачивающих растворов.

**В третьем разделе** диссертации рассмотрен вопрос создания иерархической системы управления, где:

- на верхнем уровне управления решается задача выбора стационарного и нестационарного режима выщелачивания продуктивных зон рудного тела;
- на среднем уровне решается задача распределения выщелачивающих растворов по блокам геотехнологического поля;
- на нижнем уровне решается задача распределения выщелачивающих растворов по скважинам блока.

В работе показаны результаты использования моделей на разных уровнях управления.

**В четвертом разделе** диссертационной работе рассматривается численное моделирование процесса выщелачивания в среде Comsol с целью выявления застойных зон выщелачивания. По результатам моделирования приведена оценка объема застойных зон и предложены алгоритмы управления нестационарными режимами выщелачивания.

**В пятом разделе** приведены результаты практической реализации предложенной системы эффективного управления процессом выщелачивания.



Результаты моделирования представлены в разработке виртуального тренажера для процесса ПВ урана. Для подтверждения результатов практической реализации предложенных решения разработана структура КТС промышленных испытаний на геотехнологической площадке. Приведены результаты испытаний.

**В заключении** диссертации приведены основные научные выводы, перечислены полученные в работе практические результаты.

**В приложение** приведены видеокадры, листинги программ и результаты промышленных испытаний алгоритмов управления.

### **3. Степень обоснованности и достоверности каждого результата (научного положения), вывода и заключений соискателя, сформулированных в диссертации**

Все научные положения и выводы подтверждаются результатами компьютерного моделирования и вычислений, их согласованностью с экспериментальными данными. В диссертационной работе при решении поставленных задач были использованы: теория статистической обработки данных, методы идентификации систем, методы декомпозиции, методы математического и численного моделирования, методы оптимального управления и прогнозирования т.д. В качестве инструментов моделирования применялись такие пакеты прикладных программ как MATLAB, COMSOL.

Результаты диссертационной работы прошли апробацию на многочисленных международных конференциях в странах дальнего зарубежья, опубликованы в журналах, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, в журнале, входящем в базу данных Scopus.

### **4. Степень новизны каждого научного результата (положения) и вывода соискателя, сформулированных в диссертации**

Автором в диссертационной работе впервые рассмотрена комплексная система, обеспечивающая единый подход процессу. Получена модель этой системы, позволяющая рассчитывать градиент давления в продуктивных зонах рудного тела. Разработана иерархическая система эффективного управления геотехнологическим полем. На каждом уровне предложен согласованный критерий управления, обеспечивающий эффективную работу системы в целом.

Для каждого уровня управления разработана математическая модель технологического процесса, соответствующей выделенной зоне объекта управления.

Предложена методология выделения и анализа застойных зон в процессе подземного выщелачивания и определения режимов работы ГТП по блокам.

Разработаны расчетные алгоритмы распределения выщелачивающих растворов по блокам и по закачным скважинам.

Результаты по реализации разработанных моделей и системы управления применены в виртуальном тренажере.



## **5. Оценка внутреннего единства полученных результатов**

Диссертация представляет собой логически завершенное исследование, в котором впервые поставлена и решена проблема эффективного управления подземного выщелачивания. Все разделы диссертационной работы логически объединены и нацелены на решения поставленной задачи иерархического управления. Следовательно, работа обладает внутренним единством полученных результатов и взаимосвязанностью по исследуемым вопросам.

Предложенные автором подходы, методы исследования и управления процессом подземного выщелачивания позволяют создавать высокоэффективные системы автоматизированного управления распределением ВР по закачным скважинам, а также могут применяться к решению различного круга прикладных задач.

## **6. Направленность полученных соискателем результатов на решение соответствующей актуальной проблемы, теоретической и прикладной задачи**

Наряду с теоретической ценностью диссертация обладает и прикладным значением. Часть результатов работы отражены в отчетах научно-исследовательских работ по бюджетным программам 101 «Грантовое финансирование научных исследований».

Результаты исследований и разработанное программное обеспечение могут быть использованы на производстве для управления процессов подземного выщелачивания.

## **7. Подтверждение достаточной полноты публикаций основных положений, результатов, выводов и заключения диссертации**

По теме диссертации опубликовано 13 печатных работ. Из них 6 докладов представлены на конференциях международного уровня (Казахстан), в том числе 3 статья – на зарубежной конференции (Польша, Рига), 3 статьи - в журналах, рекомендованных комитетом по контролю в сфере образования и науки, 1 статья в инженерно-техническом журнале, 3 статья опубликована в зарубежном издании, входящим в международную базу данных по цитируемости Scopus.

Диссертация построена по традиционной схеме и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений.

## **8. Недостатки по содержанию и оформлению диссертации**

В диссертационной работе Оракбаева Е.Ж. выявлены следующие недостатки:

1. В работе не показано влияние химизма процесса выщелачивания на гидродинамические характеристики процесса выщелачивания;
2. Не показана сходимости решения иерархической системы управления, взаимодействие критериев управления по иерархическим уровням;
3. Не приведена оценка адекватности прогнозной модели содержания металла в продуктивном растворе блока.
4. В работе, имеются орфографические и стилистические ошибки.



Однако указанные недостатки не снижают актуальность и качество содержания диссертации. Диссертация Оракбаева Е.Ж. представляет законченную научно-исследовательскую работу, выполненную на высоком научном уровне. В работе решена сложная и важная задача по исследованию многосвязных объектов, описанных нелинейными уравнениями на основе дифференциальной геометрии. Приведенные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.

#### **9. Соответствие диссертации требованиям пункта 5 Правил присуждения ученых степеней**

Диссертационная работа Оракбаева Ербола Жумагельдиевича на тему «Исследование и разработка эффективных систем управления процессом подземного выщелачивания», представленная на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070200 – Автоматизация и управление, соответствует требованиям Комитета по контролю в сфере образования и науки МОН РК, предъявляемым к докторским диссертациям, а соискатель заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по названной специальности.

Диссертационная работа Е.Ж. Оракбаева по научной новизне, объему, значимости полученных результатов соответствует требованиям п. 5 «Правил присуждения ученых степеней» Комитета по контролю в сфере образования и науки МОН РК, предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени доктора философии (Ph.D).

**Рецензент,  
кандидат технических наук, доцент,  
Директор «Института Систем  
управления и информационных  
технологий» Алматинского  
университета энергетики и связи**

**Табултаев С.С.**

**Подпись С.С.Табултаева заверяю**

