

УТВЕРЖДАЮ

Проректор

по исследованиям и разработкам

д.ф.-м.н., доцент



А.А. Скворцов

2020 г.

Печать организации

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию  
Старовойтова Анатолия Владимировича  
на тему «Кинетика гетерофазного окисления золота в тиокарбамидно-  
тиоцианатных, тиокарбамидно-тиосульфатных и тиоцианатно-  
тиосульфатных растворах»,  
по специальности 02.00.04 – Физическая химия

### Актуальность темы

Диссертация Старовойтова Анатолия Владимировича посвящена исследованию кинетики растворения золота в водных растворах при одновременном присутствии двух разнородных лигандообразующих реагентов и окислителя: тиомочевины, тиосульфат-ионов и комплексов  $\text{FeЭДТА}^-$ ; тиомочевины, тиоцианат-ионов и катионов  $\text{Fe}^{3+}$ ; тиосульфат-ионов, тиоцианат-ионов и комплексов  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ .

При получении золота в значительной мере используют гидрометаллургические технологии, среди которых доминирующую роль играет цианирование. Переход на безцианидные технологии позволит снизить потенциальные риски и избежать значительного ущерба для жизни людей и экологии в случае аварийных ситуаций. Кроме того, применение



смешанных составов безцианидных лигандообразующих реагентов может быть более эффективно, чем цианирование, для извлечения золота из некоторых типов золотосодержащего сырья.

Исследование, проведенное Старовойтовым А.В., является актуальным, поскольку направлено на извлечение золота из различных типов сырья, высокоэффективным гидрометаллургическим методом. Круг рассмотренных в диссертационной работе вопросов достаточно научно обоснован.

### **Научная новизна исследований и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

В диссертационной работе впервые методом вращающегося диска получены значения удельных скоростей процессов растворения золота в растворах, содержащих одновременно тиомочевину и тиосульфат-ионы, тиомочевину и тиоцианат-ионы, тиосульфат- и тиоцианат-ионы, при изменении концентраций реагирующих веществ, температуры и интенсивности перемешивания. Для соответствующих составов выявлены режимы и лимитирующие стадии процессов растворения. Такой подход к решению поставленной задачи характеризует новизну исследования в целом.

### **Значимость для науки и производства (практики) полученных автором диссертации результатов**

Практическая ценность работы состоит в том, что полученные в результате диссертационной работы фундаментальные и прикладные сведения о кинетике гетерофазного окислительного растворения золота в присутствии разнородных лигандообразующих соединений расширяют представления о процессах растворения благородных металлов и позволяют разработать технологические рекомендации по извлечению золота из различного типа золотосодержащего сырья.

Полученные результаты диссертационной работы Старовойтова Анатолия Владимировича могут быть использованы в компаниях,



использующих методы гидрометаллургической добычи золота, а также в некоторых научно-исследовательских центрах по развитию гидрометаллургии.

### **Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений**

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием современных методов: метод вращающегося диска, фотометрический и атомно-абсорбционный анализ, рентгенофотоэлектронная спектроскопии, ИК-спектроскопия.

Анализируя представленное диссертационное исследование можно утверждать, что соискателем:

Исследована кинетика окислительного растворения золота в растворах тиомочевины и тиосульфат-ионов, тиомочевины и тиоцианат-ионов, тиосульфат- и тиоцианат-ионов методом вращающегося диска в условиях равнодоступной поверхности.

Изучены зависимости удельной скорости этих процессов от концентрации реагентов, температуры и интенсивности перемешивания.

Установлены режимы взаимодействия, выявлены лимитирующие стадии изученных процессов.

Полученные в работе результаты достаточно обоснованны, что подтверждается проработанностью методик исследования и высокой степенью их верификации. Представленные в работе выводы являются новыми и также не вызывают сомнений.

### **Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, замечания по оформлению**

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и выводов, списка использованных источников и приложений. Общий объем работы – 134 страницы, содержит 26 таблиц и 41 рисунок. Список литературы состоит из 130 работ отечественных и зарубежных авторов.



Во **введении** автор обосновывает актуальность работы, научную новизну, практическую значимость работы, описывает личный вклад автора.

В **первой главе** «Литературный обзор» обоснован выбор метода вращающегося диска для изучения процесса растворения золота. Приведен обзор литературных источников по исследованию процессов растворения золота в присутствии наиболее перспективных нецианистых реагентов.

Во **второй главе** «Экспериментальная часть» изложены методы, применяемые в диссертации. Работа выполнена с применением 5 физико-химических методов анализа (метод вращающегося диска, атомно-абсорбционный анализ, фотометрический анализ, рентгенофотоэлектронная спектроскопия, инфракрасная спектроскопия). Этот раздел дает полное представление об экспериментальной стороне диссертационной работы.

В **третьей главе** «Окислительное растворение золота в присутствии смешанных составов лигандообразующих веществ» представлены экспериментальные результаты и проведено их обсуждение. Получены удельные скорости растворения золота в растворах, содержащих лигандообразующие реагенты и окислитель: тиомочевина, тиосульфат-ионы и комплексы  $\text{FeЭДТА}^-$ ; тиомочевина, тиоцианат-ионы и катионы  $\text{Fe}^{3+}$ ; тиосульфат-ионы, тиоцианат-ионы и комплексы  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ . Выявлены режимы взаимодействия. Отмечено образование на поверхности золота промежуточных твердых продуктов реакции, установлена их природа.

В **заключительной главе** сформулированы основные результаты и выводы, полученные в диссертационной работе.

#### **Соответствие автореферата основным положениям диссертации**

Автореферат в достаточной мере отражает содержание самой диссертации.

**Подтверждение опубликованных основных результатов диссертации в научной печати**



Основные результаты диссертации достаточно полно отражены в пяти научных статьях, опубликованных в научных журналах, входящих в список ВАК (из них 2 также индексируются в системе научного цитирования Web of Science).

**Замечания** по тексту диссертации и автореферата сводятся к следующему:

1. В тексте диссертации отсутствует оценка соотношения реальной площади поверхности растворяемого образца золота и определяемой геометрически по диаметру диска, что важно в случае кинетического режима протекания процесса.

2. В работе подробно обсуждается влияние образования разнолигандных комплексов на скорость перехода золота в раствор, но отсутствует количественная оценка их влияния на растворимость золота в таких условиях. Значения растворимости важны при выработке рекомендаций для практического использования полученных результатов.

3. Автор не применяет анализ вольтамперных зависимостей для обоснования вероятного механизма процесса растворения золота в присутствии выбранных реагентов, поставляющих лиганды в состав его комплексов.

4. Материалы в приложениях представляются излишне сокращенными для большого объема выполненной экспериментальной работы.

Сделанные замечания по диссертационной работе не снижают общей положительной оценки диссертации, а лишь уточняют и дополняют отдельные положения или являются пожеланиями для дальнейшей работы.



**Заключение о соответствии диссертации критериям,  
установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Диссертация Старовойтова Анатолия Владимировича является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения.

Содержание диссертационного исследования полностью соответствует специальности 02.00.04 – Физическая химия, а автореферат в достаточной мере отражает содержание самой диссертации.

Основное содержание диссертации достаточно полно изложено в опубликованных автором материалах, работа апробирована в виде доклада на многочисленных конференциях с международным участием.

Работа полностью соответствует требованиям ВАК РФ (п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Старовойтов Анатолий Владимирович, достоин присуждения ему ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 «Физическая химия».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры «ХимБиотех» ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет» при участии д.х.н. И.Г. Горичева, д.т.н. С.С. Иванова, д.т.н. А.Н. Подобаева. Результаты



голосования: «за» - 18 чел., «против» - нет чел., воздержалось - нет чел.,  
протокол № 7 от «14» апреля 2020 года.

заведующий кафедрой «ХимБиотех»  
ФГБОУ ВО «Московский  
политехнический университет»  
кандидат химических наук, доцент  
тел. +7 (926) 542-30-50  
[i.v.artamonova@mospolytech.ru](mailto:i.v.artamonova@mospolytech.ru)

Артамонова Инна Викторовна

подпись И.В. Артамоновой

заведующий



Данные о ведущей организации: федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования «Московский  
политехнический университет» (Московский Политех)  
107023, г. Москва, ул.Б.Семеновская, д.38  
тел.+7(495)223-05-23, эл.почта: [mospolytech@mospolytech.ru](mailto:mospolytech@mospolytech.ru)