

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени  
К. И. Сатпаева

Институт геологии и нефтегазового дела им. К. Турысова

Кафедра «Химическая и биохимическая инженерия»

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**



Заведующей кафедрой

«Химическая и  
биохимическая инженерия»

доктор Ph.D.

А. А. Амитова

«18» июня 2024 г.

## ДИПЛОМНАЯ РАБОТА


на тему: «Изучение антиоксидантных свойств родия»

По образовательной программе 6B05101 «Химическая и биохимическая  
инженерия»

Выполнил

Умерзакова Амина Рустамовна

Рецензент  
Профессор, к.х.н.  
Кафедра Биотехнологии КазНУ  
имени Аль-Фараби

 Есжанова П. Р.

«18» июня 2024 г.



Научный руководитель  
Ph.D., ассоц. проф.  
Х. С. Рафикова

«18» июня 2024 г.

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени  
К. И. Сатпаева

Институт геологии и нефтегазового дела им. К. Турысова

Кафедра «Химическая и биохимическая инженерия»

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой

«Химическая и  
биохимическая инженерия»

доктор Ph.D.

А. А. Амитова

«18» июня 2024 г.



### **ЗАДАНИЕ**

#### **на выполнение дипломной работы**

Обучающейся Умерзаковой Амине Рустамовне

Тема: Изучение антиоксидантных свойств родия

Утвержден приказом Ректора Университета № 548-П/Ө – от "04" декабря 2024 г.

Срок сдачи законченной работы 20 июня 2024 г.

Исходные данные к дипломной работе: Тестирование комплексов родия на наличие антиоксидантной активности.

Краткое содержание дипломной работы:

*а) литературный обзор;*

*б) экспериментальная часть;*

*в) результаты и обсуждение экспериментальных данных.*

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): представлены \_\_ слайдов презентации работы.







Рекомендуемая основная литература состоит из 22 наименований.





**ГРАФИК**  
подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Формулирование целей и задач	01.04.2024	Выполнено
Литературный обзор	29.04.2024	Выполнено
Материал и методика	03.05.2024	Выполнено
Результаты исследования	03.06.2024	Выполнено
Срок сдачи работы на антиплагиат	07.06.2024	Выполнено

**Подписи**  
научного руководителя и нормоконтролера на законченную дипломную работу  
с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И. О. Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Литературный обзор	Х. С. Рафикова, доктор Ph.D., ассоц. профессор	29.04.2024	
Материал и методика	Х. С. Рафикова, доктор Ph.D., ассоц. профессор	03.05.2024	
Результаты исследования	Х. С. Рафикова, доктор Ph.D., ассоц. профессор	03.06.2024	
Срок сдачи работы на антиплагиат	Х. С. Рафикова, доктор Ph.D., ассоц. профессор	07.06.2024	
Подготовка презентации к защите	Х. С. Рафикова, доктор Ph.D., ассоц. профессор	17.06.2024	
Проверка оформления работы по ГОСТу	Х. С. Рафикова, доктор Ph.D., ассоц. профессор	17.06.2024	

Научный руководитель  Х. С. Рафикова

Задание приняла к исполнению обучающаяся  А. Р. Умерзакова

Дата " 15 " января 2024 г.

## АНДАТПА

Дипломдық жоба 30 бетті құрайды және мыналарды қамтиды: кіріспе, әдебиеттерге шолу, материалдар, зерттеу объектісі мен әдістемесі, эксперименттік бөлім, қорытынды және пайдаланылған әдебиеттер тізімі. 16 сурет пен 3 кестеден тұрады. Жобаны жазу үшін 22 әдеби дереккөз пайдаланылды.

Бұл дипломдық жоба родий кешендерімен байланысты теориялық негіздерін және олардың антиоксиданттық қасиеттерін зерттеуді ұсынады.

Родий - күшті антиоксиданттық қасиеттері бар берік металл, оны көптеген өнеркәсіптік қолданбаларда әлеуетті түрде қолдануға мүмкіндік береді, бұл оның антиоксиданттық қасиеттерін зерттеуді зерттеудің өзекті тақырыбына айналдырады.

Бұл жұмыстың мақсаты родийдің антиоксиданттық қасиеттерін зерттеу болып табылады.

Міндеттері:

– родий кешені мысалында антиоксиданттық белсенділікті анықтау мүмкіндіктерін қарастыру;

– родийдің антиоксиданттық қасиеттері туралы бар деректерді талдау және жүйелеу;

– имидазол негізінде родий кешенін синтездеу;

– алынған комплекс үшін ЯМР спектроскопиясын алу;

– имидазол негізінде алынған родий кешенінің DPPH талдауын жүргізу;

– антиоксиданттар ретінде родий кешендерін қолданудың ықтимал перспективаларын бағалау.

Негізгі сөздер: родий, родий кешені, антиоксидант, антиоксиданттық қасиеттер, лиганд, иондық сұйықтық.

## АННОТАЦИЯ

Объем дипломной работы составляет 30 страниц и включает: введение, литературный обзор, материалы, объект и методику исследования, экспериментальную часть, заключение и перечень использованной литературы. Содержит 16 рисунков и 3 таблицы. Для написания проекта использовано 22 литературных источника.

В данном дипломном проекте представлены теоретические основы, связанные с родиевыми комплексами и изучением их антиоксидантных свойств.

Родий является прочным металлом с сильнейшими антиокислительными свойствами, что делает его потенциально применимым во многих сферах промышленности, вследствие чего изучение его антиоксидантных свойств является актуальной темой для исследования.

Целью данной работы является изучение антиоксидантных свойств родия.

Задачи:

- рассмотреть возможности определения антиоксидантной активности на примере родиевого комплекса;
- проанализировать и систематизировать уже имеющиеся данные об антиоксидантных свойствах родия;
- синтезировать родиевый комплекс на основе имидазола;
- получить ЯМР спектроскопию по получившемуся комплексу;
- провести DPPH анализ получившегося родиевого комплекса на основе имидазола;
- оценить возможные перспективы применения родиевых комплексов в качестве антиоксидантов.

*Ключевые слова:* родий, родиевый комплекс, антиоксидант, антиоксидантные свойства, лиганд, ионная жидкость.

## ABSTRACT

The volume of the thesis is 30 pages and includes: introduction, literature review, materials, object and methodology of research, experimental part, conclusion and list of used literature. It contains 16 figures and 3 tables. 22 literature sources were used to write the project.

This thesis project presents theoretical foundations related to rhodium complexes and the study of their antioxidant properties.

Rhodium is a strong metal with the strongest antioxidant properties, which makes it potentially applicable in many areas of industry, so the study of its antioxidant properties is a relevant topic for research.

The aim of this work is to study the antioxidant properties of rhodium.

Tasks:

- to consider the possibilities of determination of antioxidant activity on the example of rhodium complex;
- to analyze and systematize already available data on antioxidant properties of rhodium
- synthesize rhodium complex on the basis of imidazole;
- to obtain NMR spectroscopy on the obtained complex;
- DPPH analysis of the obtained rhodium complex based on imidazole;
- to evaluate possible prospects of rhodium complexes application as antioxidants.

Keywords: rhodium, rhodium complex, antioxidant, antioxidant properties, ligand, ionic liquid.

## СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	9
1	Литературный обзор	10
1.1	Платиновые металлы: содержание в недрах Земли и добыча	10
1.2	Родий и его открытие	11
1.2.1	Применение родия	13
1.3	Антиоксиданты и их свойства	13
1.4	Комплексы металлов на основе ионных жидкостей	14
1.4.1	Применение комплексов металлов на основе ионных жидкостей	15
1.5	Спектроскопия как метод исследования	15
1.5.1	ЯМР-спектроскопия	16
1.5.2	УФ-спектроскопия	17
2	Материалы, объект и методика исследования	19
2.1	Объект исследования	19
2.2	Материалы и оборудование	19
2.3	Методики исследования	22
2.3.1	Методика синтеза родиевого комплекса	22
2.3.2	Методика исследования антиоксидантной активности родиевого комплекса методом DPPH	22
3	Экспериментальная часть	24
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	28
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	29

## ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия в области биотехнологии привлекается всё большее внимание к исследованиям свойств драгоценных металлов платиновой группы и их соединений и комплексов. Одним из таких элементов, привлекающих интерес ученых, является родий, а именно родиевые комплексы [1]. Родий привлекает внимание благодаря своей уникальной химической структуре и потенциальным возможностям во многих промышленных областях, а именно в автомобильных фильтрах, химической промышленности, электронной промышленности, изготовлении стекла, ювелирном деле, нефтяной промышленности, стоматологии.

В настоящей дипломной работе предпринимается попытка систематизировать и проанализировать имеющиеся данные о потенциальных антиоксидантных свойствах родия, а также рассмотреть возможные перспективы его применения в качестве антиоксиданта.

Поэтому целью дипломной работы является изучить антиоксидантные свойства родия.

Для ее достижения потребуется выполнение намеченных задач:

- рассмотреть возможности определения антиоксидантной активности на примере родиевого комплекса;
- проанализировать и систематизировать уже имеющиеся данные об антиоксидантных свойствах родия;
- синтезировать родиевый комплекс на основе имидазола;
- получить ЯМР спектроскопию по получившемуся комплексу;
- провести DPPH анализ получившегося родиевого комплекса на основе имидазола;
- оценить возможные перспективы применения родиевых комплексов в качестве антиоксидантов.

Научная новизна исследования состоит в том, что в данной дипломной работе родиевые комплексы впервые были рассмотрены как антиоксиданты с помощью метода DPPH.



# 1 Литературный обзор

## 1.1 Платиновые металлы: содержание в недрах Земли и добыча

Все химические элементы возникли в ходе звёздного нуклеосинтеза (термоядерный синтез и ряд других ядерных реакций) в эпоху формирования Земли как планеты миллионы лет назад, а все минералы, содержащиеся в земной коре, образовывались при высоких температурах и давлениях на большой глубине. Данное утверждение применимо и к благородным металлам платиновой группы, к которым относятся рутений, родий, палладий, осмий, иридий и платина.

Сообществу ученых также известен тот факт, что самородная платина была известна уже в древнем Египте и в Эфиопии. Название данному металлу (платине) дали в Испании, от испанского plata – серебро. Платиновые металлы принадлежат к наиболее редким по количеству залегания в земной коре, однако их точное содержание еще не установлено.

Главными источниками металлов платиновой группы являются платинометалльные малосульфидные месторождения и комплексные сульфидные месторождения. В настоящее время перспективными источниками добычи могут быть и хромитовые месторождения, отвальные хвосты платинометалльных и платино-медно-никелевые месторождения [2].

Местами с наибольшим содержанием металлов платиновой группы (содержание 15-22 г/т) являются массивы Стиллуотер (США) и Пеникат (Финляндия), однако существуют и другие стратегически важные месторождения платиновых металлов. В таблице 1 приведены основные мировые платинометалльные месторождения и средние составы их руд (г/т).

Таблица 1 – Средние составы руд платинометалльных месторождений

№	Страна	Месторождение	Pt	Rh	Ru	Ir
			г/т			
1	ЮАР	риф Меренского	4,8	0,24	0,65	0,08
		риф UG-2	3,7	0,7	1,06	0,06
2	США	Стиллуотер	3,9	0,5	-	-
		риф J-M	4,24	1,7	0,89	0,54
		Сальмон-Ривер	0,6	-	-	-
3	Финляндия	риф AP 1	1,66	1,66	0,02	0,03
		риф AP 2	3,4	0,22	0,04	0,06
		Каталахти	0,06	0,001	0,004	-

Продолжение таблицы 1

		Хитура	0,11	0,01	0,01	0,01
4	Россия	Федорово-Панский	0,7	0,14	-	-
		Талнахское	5,4	0,35	0,2	0,09
		Октябрьское	4,17	0,06	0,12	0,02
		Норильск-1	4,95	0,47	0,13	0,05
5	Канада	Садбери	0,4	0,04	0,05	0,01
		Лак-де-Иль	0,8	-	-	-
		Маратон	0,34	-	-	-
		Кэп Смит	0,72	0,13	0,25	0,06
		Лагмуир-2	0,13	0,04	0,11	0,06
6	Зимбабве	Хартли	2,7	-	-	-
		Шангани	0,08	0,03	0,06	0,01
		Троян	0,06	0,02	0,07	0,01
7	Казахстан	Риддер-Сокольское	0,006	0,002	-	0,013
		Иртышское	0,01	0,004	-	0,006
		Ново-Березовское	0,007	0,002	-	0,009

## 1.2 Родий и его открытие

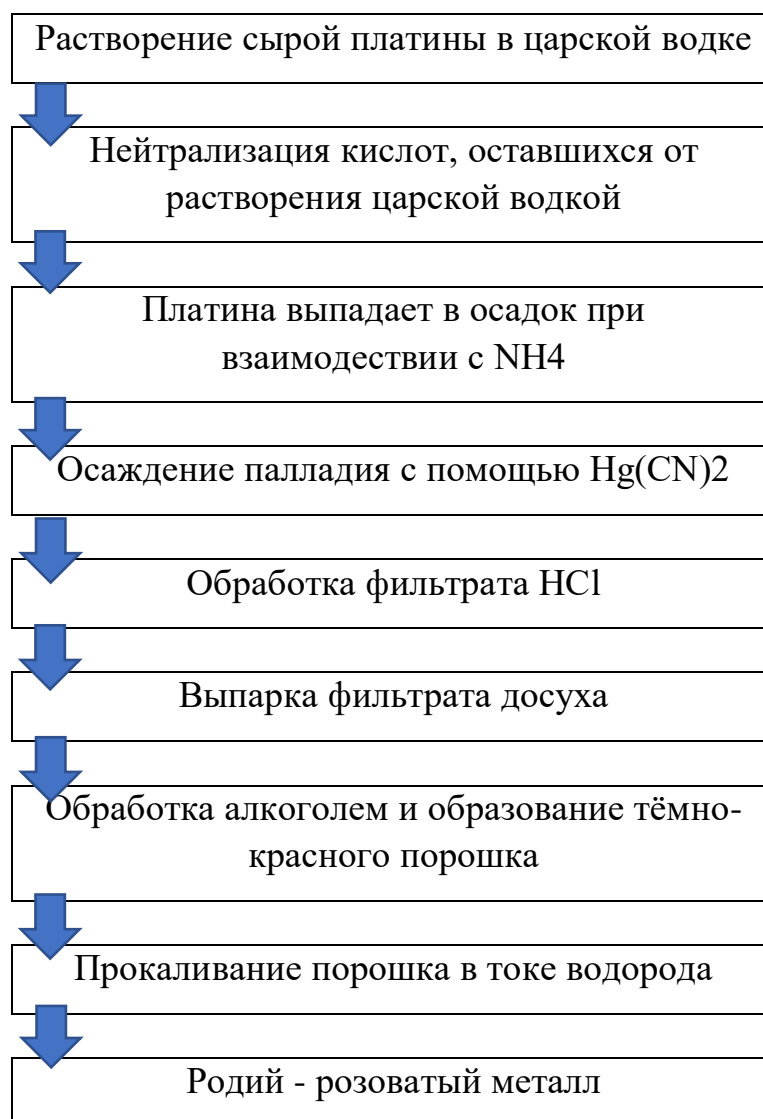
Одним из наиболее редких среди платиновых металлов является родий.

Родий (химический символ— Rh; от латинского Rhodium) — химический элемент девятой группы (переходный металл), относится к пятому периоду периодической системы химических элементов Дмитрия Ивановича Менделеева, атомный номер - 45. Родий относится к группе особо ценных металлов, которые называли платиноидами. Именно с изучением платины и ее выделением как самостоятельного элемента связано появление родия среди благородных металлов [3].

Родий был открыт в 1804 г. английским ученым-химиком Уильямом Хайдом Волластоном вслед за открытием палладия. Хотя Волластон и был врачом по образованию (Кембриджский университет), почти все его труды написаны в области геологии. Также к его заслугам можно отнести и открытие ультрафиолетового излучения, открытие линий поглощения в спектре Солнца, конструирование и изобретение рефрактометра и отображательного гониометра, обнаружение химического действия электрического тока, а также немаловажной заслугой является открытие метода выделения платины в чистом виде.

В ходе изучения платины Волластон понял, что она имеет «производные». Для обнаружения родия Уильям Волластон растворял сырую платину, добытую в Южной Америке, в царской водке (царская вода представляет собой смесь концентрированных азотной  $\text{HNO}_3$  (65—68 % масс.) и соляной  $\text{HCl}$  (32—35 % масс.) кислот, взятых в соотношении 1:3 по объёму), затем нейтрализовывал избыток кислоты едким натром  $\text{NaOH}$ . Из нейтрального раствора он осаживал платину хлористым аммонием  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , а палладий - цианистой ртутью  $\text{Hg}(\text{CN})_2$ . Фильтрат, обработанный соляной кислотой  $\text{HCl}$  для удаления избытка цианистой ртути  $\text{Hg}(\text{CN})_2$ , был выпарен досуха. Остаток, после обработки алкоголем, представлял собой темно-красный порошок двойной натриево-родиевой соли соляной кислоты (хлорид). Из этого порошка при прокаливании его в токе водорода легко получается розовый металл - родий. Металл получил свое название от греческого "rhodon", который означает "роза" из-за розоватого красного цвета его солей. Блок-схема опыта, проведенного Уильямом Волластоном, показана в таблице 2.

Таблица 2 – Последовательность проведения опыта по выделению родия



### 1.2.1 Применение родия

После открытия данного металла Уильям Волластон приступил к изучению и описанию физических свойств металла, чтобы найти ему применение. Однако действительного полезного применения родию он не нашел. И лишь на заре XX века родий начали использовать для нанесения гальванического покрытия в медицине и в декоративных целях, а также в качестве антикоррозийной защиты.

Однако наибольший спрос на родий возник после того, как автопроизводитель Volvo изобрёл в 1976 году трёхкомпонентный каталитический нейтрализатор, в котором платина и родий должны обеспечивать разложение оксидов азота на инертный молекулярный азот и кислород, а платина и палладий – образовавшийся свободный кислород связывают с углеводородами несгоревшего топлива и окисью углерода (в каталитических фильтрах-нейтрализаторах выхлопных газов автомобилей).

Что касается родиевых гальванических покрытий, их используют для покрытия анодов из нержавеющей стали для остановки кровотечений. Родиевое гальваническое покрытие на анодах удобно тем, что тяжелые металлы не переходят в кровь и ткани оперируемого пациента, а также термические ожоги тканей отсутствуют, тогда как используя электроды из медицинской нержавеющей стали наблюдается растворение сплава, из-за чего тяжелые металлы всё-таки попадают в ткани оперируемого [4].

Родиевые покрытия также широко применимы для создания образности и защиты ювелирных украшений.

### 1.3 Антиоксиданты и их свойства

Антиоксиданты – это вещества, которые способны предотвращать окислительные процессы. Их механизм действия заключается в нейтрализации свободных радикалов, в результате чего окислительного действия не происходит. Опасность окислительного процесса заключается в том, что данная реакция является цепной, а значит, она протекает быстро и «массово».

Таким образом, антиоксидант является соединением, имеющим один «непрочно сидящий» электрон, который впоследствии будет отдан агрессивному свободному радикалу. Какую бы конфигурацию ни имел антиоксидант, он сможет отдать только один электрон. После того, как антиоксидант отдаст свой электрон, он временно превратится в радикал, но будет проявлять менее агрессивные свойства. Значит, антиоксиданты могут напрямую взаимодействовать со свободными радикалами и отдавать им свой электрон, либо они могут просто блокировать действие радикалов [5].

Свободные радикалы же в свою очередь являются молекулами, которые имеют неспаренные электроны на внешних атомных орбиталях. Это значит, что

свободные радикалы обладают огромной реакционной способностью. Схематическое изображение работы антиоксиданта приведено на Рисунке 1.

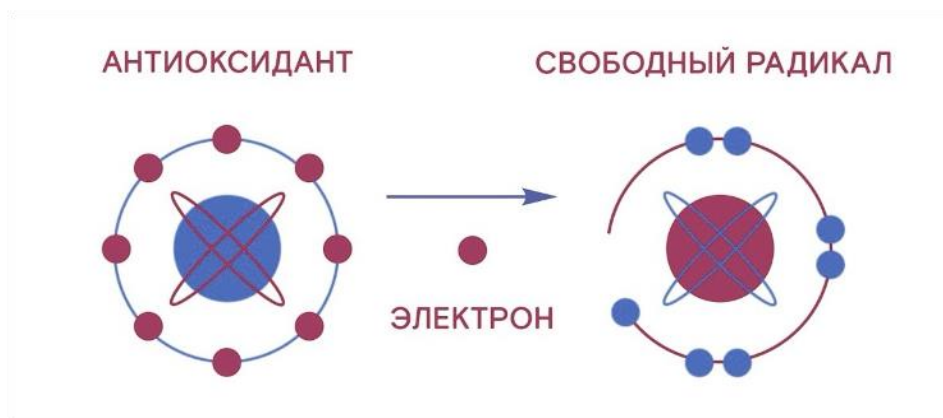


Рисунок 1 – Механизм действия антиоксиданта

Тогда антиоксидантные свойства – это способность какого-либо вещества или соединения предотвращать или замедлять окисление других молекул, нейтрализуя действие свободных радикалов по схеме  $АН + R = A + RH$ , где АН – антиоксидант с готовым отщепиться атомом водорода, а R – радикал.

Антиоксидантными свойствами обладают такие вещества, как мочевая кислота, витамин С, глутатион, витамин Е, коэнзим Q10, билирубин, эстрогены, мелатонин, ферритин, альбумин, медь, железо, цинк и др. [6]

#### 1.4 Комплексы металлов на основе ионных жидкостей

Комплексы металлов на основе ионных жидкостей известны уже несколько десятилетий, области их применения постоянно меняются и расширяются. Они могут быть синтезированы непосредственно в ионных жидкостях, или же ионные жидкости могут быть использованы в синтезе как лиганды или растворители. Самыми распространенными ионными жидкостями, с которыми образуют комплексы металлов, являются имидазол, тетрацианоборатные ионные жидкости, пиридиний, аммоний и т. д. [7]

Ионные жидкости – это ионные соединения с температурой плавления ниже  $100^{\circ}\text{C}$  [8]. Оставаясь в комнатной температуре, они сохраняют жидкое агрегатное состояние. Металлсодержащие ионные жидкости называют по-другому ионными жидкостями. Они содержат ионы металлов и находят широкое применение в органическом синтезе, в процессах десульфуризации и деазотирования топлив, в проточных редокс-аккумуляторах и т. д.

Хотя металлсодержащие ионные жидкости известны уже давно, строгого прямого определения этой большой группы ионных жидкостей до сих не существует. Но можно полагать, что металлсодержащие ионные жидкости могут



быть достаточно перспективными для использования в самых различных отраслях.

#### **1.4.1 Применение комплексов металлов на основе ионных жидкостей**

Сферы применения комплексов металлов на основе ионных жидкостей могут широко варьироваться. На основе подобных соединений существуют различные медицинские препараты, помогающие в травматологии, хирургии, эндокринологии, ревматологии. Также на основе подобных комплексов создаются антибактериальные покрытия, применяемые в операционных, в лабораториях, а также на производственных площадках в местах, где необходимо соблюдать особую стерильность [9].

В перспективе комплексы металлов на основе ионных жидкостей можно применять в медицине, а именно в сфере реабилитации. В настоящее время комплексы применяются для создания медицинских имплантов и даже для создания биоматериалов.

Также оказалось, что металлические комплексы на основе ионных жидкостей можно использовать и для экологических целей. Успешно комплексы себя проявили и в переработке биомассы. Например, было выявлено, что металлические комплексы циркония на основе имидазола при переработке целлюлозы под микроволновым облучением хорошо себя показали. Таким образом, из целлюлозы при участии металлического комплекса циркония был получен 5-гидроксиметилфуран, называемый также HMF [10].

Также в сфере защиты экологии металлические комплексы на основе ионных жидкостей используют при дожигании углекислого газа. Здесь комплексы металлов выступают в качестве абсорбентов для улавливания диоксида углерода [11].

Важную роль комплексы металлов на основе ионных жидкостей играют в создании и производстве упаковочных материалов, различных клеев и пен, в создании косметической продукции, пищевой продукции, а также данные комплексы активно используются в нанотехнологиях [12].

#### **1.5 Спектроскопия как метод исследования**

Спектроскопия на сегодняшний день является одним из самых удобных физических методов изучения химических веществ. Спектроскопия стала популярным методом только в последние десятилетия, ведь только недавно УФ-излучения фиксировались учёными с помощью фотопластин, а, например, спектры ИК-излучений фиксировались гальванометрами и требовали пристального внимания учёных, заставляя их проделывать опыты множество раз, чтобы получить точный результат исследования.

Спектроскопия как дисциплина или наука является по сути взаимодействием вещества со светом. Спектроскопия применяется во всех областях химической аналитики. Главной задачей данной дисциплины является описание ионов, атомов, молекул, а также получение и расшифровка спектров, полученных устройствами в ходе исследования.

Спектроскопические устройства состоят как правило из трёх составных:

- источник излучения;
- встроенное устройство для спектрального разложения;
- встроенный детектор для измерения полученного излучения.

С помощью такого метода как спектроскопия можно гораздо легче решать следующие задачи:

- нахождение и добыча сырьевых ресурсов;
- разработка новых изделий и инновационных технологий в различных сферах деятельности;
- оценка и контроля качества выпускаемой продукции на производственных объектах;
- проектирование производственных процессов;
- налаживание производственных процессов.

Применение методов спектроскопии на производственных объектах будет являться хорошим технологичным решением, хоть данный метод и является затратным.

Отличным примером, доказывающим пользу спектроскопии, является эксперимент, проведенный с платиновыми катализаторами. Не столь давно платиновые катализаторы внедрили для того, чтобы уменьшить выделение окиси азота и углеводородов, в частности, от автомобилей. Но платиновые катализаторы также являются вредоносным решением, так как для их создания ежегодно перерабатывается 50 тонн платиновых металлов. Опасность состоит лишь в том, что высвобождающаяся из катализаторов платина накапливается в окружающей среде [13].

Так, с помощью спектроскопии было выявлено, что высвобождающаяся платина может накапливаться в крови человека, вызывая различные заболевания. Однако пока что этот фактор не несёт угрозы, но можно предположить, что в будущем это может стать проблемой.

### **1.5.1 ЯМР-спектроскопия**

В настоящее время ЯМР-спектроскопия является одним из самых важных методов исследования во многих научных областях. Данный метод был изобретен в 1945 г. двумя группами физиков из Гарвардского университета и Стенфордского университета. Они наблюдали явление Ядерного Магнитного Резонанса в твердых телах и в жидкостях [14]. И уже в начале 1950-х годов явление ЯМР было впервые применено для решения химической задачи.

ЯМР как явление основано на магнитных свойствах ядер атомов веществ. Каждое ядро имеет свой магнитный момент, и оно взаимодействует с внешним магнитным полем. Таким образом мы можем получить различные спектры веществ, опираясь на взаимодействие магнитных полей, если только магнитные моменты ядер не равны нулю [15].

ЯМР метод позволяет анализировать химические сдвиги, которые указывают на электронное окружение ядер, а также исследовать спин-спиновые взаимодействия соседствующих атомов, что позволяет подробно изучать структуру молекул веществ [16].

Приборы ЯМР бывают различных исполнений: от небольших настольных до массивных напольных машин. Также, как и анализы ЯМР, делятся на экспресс-анализ и анализ, результат которого получаем в течение 12–24 часов [17].



Рисунок 2 – Примеры приборов ЯМР производства Bruker и Oxford Instruments

Спектры поглощения фиксируются при различных длинах волн, и приведенные в Рисунке 2 аппараты работают при следующих элементах:

- источник излучения;
- кювета с исследуемым образцом;
- прибор, который выделяет монохроматическое излучение;
- приёмник, который измеряет интенсивность излучения, прошедшего через образец;
- устройство, которое регистрирует результат.

Пример работы с ЯМР прибором приведён в ГОСТ 8.597–2010 [18].

### 1.5.2 УФ-спектроскопия

Ультрафиолетовая (УФ) спектроскопия как метод основывается на способности вещества поглощать свет. Поглощение света в физическом смысле означает поглощение энергии, а это значит, что основным механизмом в данном процессе будет переход электронов с орбиталей основного состояния на орбитали возбужденных состояний [19]. Данный процесс делает УФ-спектроскопию как метод очень избирательным, однако в избирательности и заключается главное достоинство.

В результате УФ-исследования получают спектры, которые отображают графически зависимость поглощения от настраиваемой длины волны (обычно измеряется в нанометрах) [20].

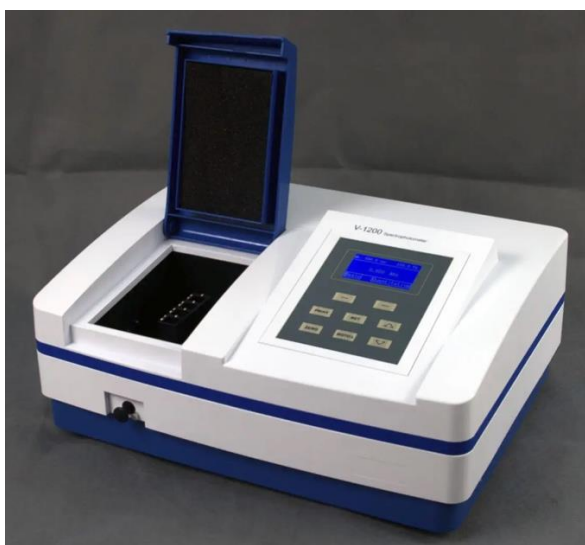


Рисунок 3 – Пример УФ-спектрометра производства Shimadzu

В настоящее время УФ-исследования проводят на спектрометрах, которые собираются из нескольких составных [21]:

- источник излучения;
- монохроматор;
- фотометр;
- отделение для приёма кювет;
- приёмник, измеряющий интенсивность излучения, прошедшего через пробу определяемого вещества.

Спектры поглощения УФ-методом определяются согласно и по правилам ГОСТ 33405–2015 [22].

## 2 Материалы, объект и методика исследования

### 2.1 Объект исследования

Объектом исследования являются металлические комплексы родия, синтезированные на основе имидазола.



Рисунок 4 – Пример комплекса родия

Для эксперимента было подготовлено 3 колбы с раствором синтезированного комплекса родия концентраций 50 мкг/мл (0,05 г/л), 100 мкг/мл (0,1 г/л) и 200 мкг/мл (0,2 г/л) с раствором DPPH.

### 2.2 Материалы и оборудование

Для выполнения эксперимента в лаборатории используют необходимую лабораторную посуду: конические колбы, мерные стаканы, пробирки, пипетки и т. д.

Материалы, используемые в эксперименте:

– имидазол. Используется в качестве ионной жидкости, на основе которой будет синтезироваться родиевый комплекс;



Рисунок 5 – Имидазол



- дихлорметан. Используется для растворения подготовленных родиевого комплекса с имидазолом;
- петролейный эфир. Используется для концентрации объёма родиевого комплекса;
- DMSO (диметилсульфоксид). Используется для подготовки растворов родиевого комплекса различных концентраций;



Рисунок 6 – Диметилсульфоксид

- DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил). Используется для проведения исследования родиевых комплексов на наличие антиоксидантной активности;
- метанол 99%. Используется для приготовления DPPH раствора;
- вода дистиллированная;
- фильтровальная бумага;
- тролокс. Используется в качестве контроля для проведения УФ-спектрофотометрии.



Рисунок 7 – Тролокс, производство Sigma-Aldrich GmbH

Для эксперимента используются следующее оборудование и приборы:

- магнитная мешалка с подогревом. Применяется для перемешивания и подогрева растворов;
- автоклав. Нужен для стерилизации лабораторной посуды;
- механические дозаторы с различными пластиковыми насадками. Используются для отмеривания объёмов веществ, необходимых для использования в ходе экспериментов;
- лабораторные и аналитические весы. Применяются для точного взвешивания необходимых для эксперимента веществ;
- ЯМР спектрометр. Использовался для подтверждения правильности синтезированного родиевого комплекса.



Рисунок 8 – Пример ЯМР спектрометра

– УФ-спектрофотометр. Нужен для измерения абсорбции родиевых комплексов.



Рисунок 9 – УФ-спектрофотометр с программным обеспечением

## 2.3 Методики исследования

### 2.3.1 Методика синтеза родиевого комплекса

Родиевые комплексы синтезировались и подготавливались на основе родиевого лиганда и имидазола. Соответствующие реагенты были приобретены у Merck (Merck KGaA, Дармштадт, Германия) и Sigma (Sigma-Aldrich GmbH, Штайнхайм, Германия).

Для начала мы подготовили родиевый лиганд  $[\text{Rh}(\mu\text{-Cl})(\text{cod})]_2$ . Его необходимо было взвесить с помощью лабораторных весов до массы 0,054 г. Далее необходимо было приготовить имидазол, взвесив его на тех же весах до 0,100 г. Родиевый лиганд и имидазол нужно было смешать.

Далее приготовить дихлорметан  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ , отмерив объем 25 мл с помощью механического лабораторного дозатора.

Смешанные родиевый лиганд с имидазолом необходимо было растворить в подготовленном заранее дихлорметане. Полученный раствор мы перемешивали 60 минут при комнатной температуре на магнитной мешалке, установив на приборе 300 оборотов в минуту.

После тщательного перемешивания в получившийся раствор необходимо было добавить 20 мл петролейного эфира, а затем объем сконцентрировать до результата 1–2 мл при низком давлении.

Из полученного раствора выделяли целевой компонент, то есть родиевый комплекс, с помощью бумажных фильтров, собранных из фильтровальной бумаги. Для конечного выделения было достаточно фильтрации в 2 этапа. Полученный выделенный комплекс высушивали, таким образом получили порошок бледно-желтого цвета, который и является нашим родиевым комплексом.

### 2.3.2 Методика исследования антиоксидантной активности родиевого комплекса методом DPPH

Родиевые комплексы проверялись на антиоксидантную активность с помощью реагентов Sigma (Sigma-Aldrich GmbH, Штайнхайм, Германия).

В первую очередь подготовили родиевые комплексы, которые мы непосредственно будем тестировать и проверять их антиоксидантную активность. Для их подготовки мы взяли для начала жидкий DMSO (диметилсульфоксид) и приготовленные согласно первой методике родиевые комплексы. С помощью двух данных компонентов подготовили растворы родиевых комплексов в DMSO, с концентрациями родиевых комплексов 50 мкг/мл (0,05 г/л), 100 мкг/мл (0,1 г/л) и 200 мкг/мл (0,2 г/л).

Для приготовления раствора концентрацией 0,05 г/л мы подготовили мерную колбу объемом 100 мл, далее с помощью аналитических весов отмерили 0,005 г родиевого комплекса. Подготовленный родиевый комплекс мы

поместили в колбу, затем добавили небольшое количество DMSO и тщательно перемешивали несколько минут. К полученному раствору мы долили DMSO до 100 мл так, чтобы колба оказалась полной и перемешали.

Для приготовления раствора концентрацией 0,1 г/л мы подготовили вторую мерную колбу объёмом 100 мл, далее с помощью аналитических весов отмерили 0,01 г родиевого комплекса. Подготовленный родиевый комплекс мы поместили в колбу, затем также добавили небольшое количество DMSO и еще раз тщательно перемешивали несколько минут. К полученному раствору мы долили DMSO до 100 мл так, чтобы колба оказалась полной и снова перемешали.

Для приготовления раствора концентрацией 0,2 г/л мы подготовили третью мерную колбу объёмом 100 мл, далее с помощью аналитических весов отмерили 0,02 г родиевого комплекса. Подготовленный родиевый комплекс мы поместили в колбу, затем добавили небольшое количество DMSO и еще раз тщательно перемешивали несколько минут. К полученному раствору мы долили DMSO до 100 мл так, чтобы колба оказалась полной и снова перемешали.

После приготовления растворов родиевого комплекса мы приготовили раствор DPPH 0,1 миллимоль на литр. Для этого мы взвесили 4 мг DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил), а затем смешали 4 мг DPPH в небольшом количестве 99% метанола в мерной колбе объёмом на 100 мл. После тщательного перемешивания мы долили раствор до 100 мл и еще раз тщательно перемешали. Приготовленный DPPH раствор изображён на рисунке 10.



Рисунок 10 – Приготовленный DPPH раствор

Далее мы подготовили 3 стеклянные пробирки и добавили в них по 2 мл растворов получившегося комплекса с DMSO с помощью механического дозатора.

После этого в данные 3 пробирки мы добавили по 2 мл приготовленного ранее метанольного раствора DPPH и смешали пробы, а затем поместили их в тёмное место на 30 минут. После данные пробы необходимо было отнести на измерение абсорбции (применение УФ-спектрофотометра) при 517 нм, а в качестве контроля мы использовали тролокс.

### 3 Экспериментальная часть

Эксперимент заключался в проверке родиевых комплексов на антиоксидантную активность. К родиевым комплексам в концентрациях 50 мкг/мл (0,05 г/л), 100 мкг/мл (0,1 г/л) и 200 мкг/мл (0,2 г/л) добавляли раствор DPPH, который является стабильным свободным радикалом. И далее проверяли наличие антиоксидантной активности по изменению окраса растворов.

Но прежде всего синтезировался родиевый комплекс, который необходимо было проверить с помощью ЯМР спектроскопии.

Был проведен ЯМР анализ получившегося родиевого комплекса. Для проверки полученного родиевого комплекса образец был отправлен в г. Кокшетау. Здесь мы получали ЯМР спектр методом  $^1\text{H}$ . Водород  $^1\text{H}$  (протий) активно используется для регистрации ЯМР-спектров. На рисунке 10 мы видим, что основной пик выходит на область 123.85 и на 122.76 parts per million (ppm), что называется химическим сдвигом. Химический сдвиг для групп платиновых металлов очень присущ в данной области, из чего мы можем сделать вывод, что синтезированный нами родиевый комплекс был верный. Получившийся ЯМР спектр отображён на рисунке 11.

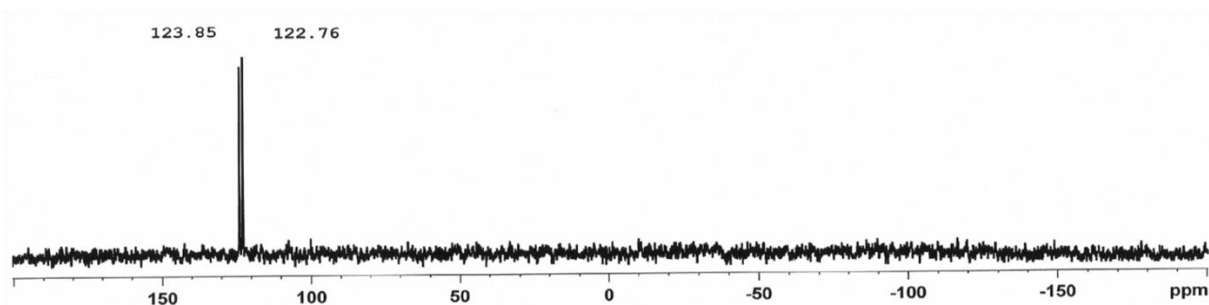


Рисунок 11 – Спектр ЯМР полученного родиевого комплекса

Однако для более точной проверки получившегося комплекса мы должны также проверить ЯМР спектр исходного вещества, то есть имидазола. Это необходимо для того, чтобы пронаблюдать положение исходного химического сдвига. На рисунке 12 отображен пик в 118.49 parts per million (ppm), что говорит об изменении состава вещества.

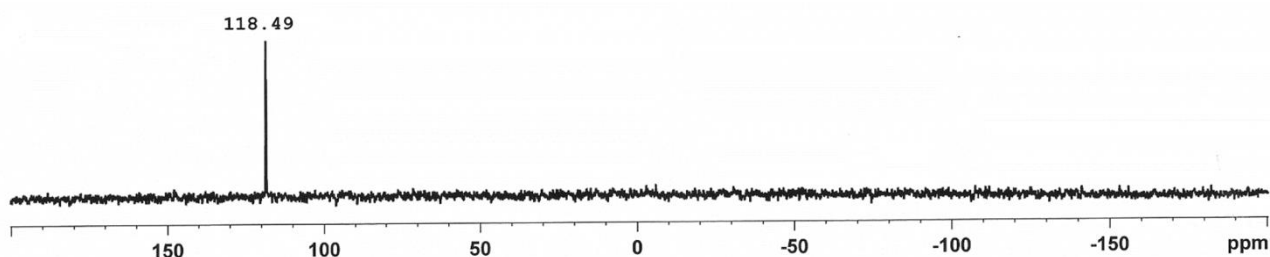


Рисунок 12 – Спектр ЯМР имидазола



Изменение окраса раствора происходит в градиенте от пурпурного до жёлтого, где пурпурный цвет означает отсутствие или малопроявленность антиоксидантных свойств, а жёлтый означает высокую степень проявленности антиоксидантных свойств. Палитру окрасов хорошо видно на рисунке 13.

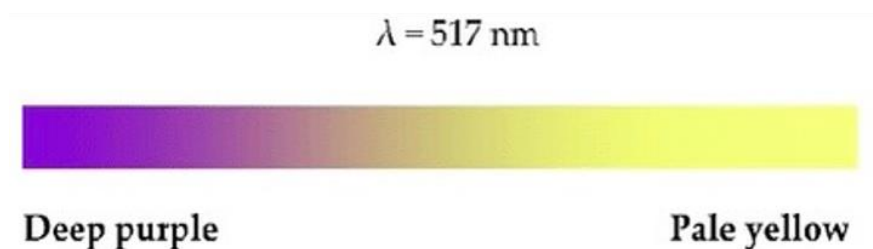


Рисунок 13 – Градиент изменения окрасов растворов родиевых комплексов

При приготовлении растворов родиевого комплекса с раствором DPPH, мы наблюдаем изменение окраса растворов, содержащихся в пробирках, что видно на рисунке 14.



Рисунок 14 – Изменение окраса растворов родиевых комплексов

В результате восстановления DPPH комплекса родием снижается пурпурно-синяя окраска DPPH в метаноле, а реакция контролируется по изменению оптической плотности при 517 нм с помощью спектрофотометра.

Мы можем утверждать, что родиевые комплексы обладают антиоксидантной способностью, так как мы видим, что при увеличении концентрации родиевого комплекса в растворе меняется окрас самого раствора.

В растворах, где концентрация родия меньше, мы видим пурпурный окрас, однако в растворах, где концентрация родия больше, мы видим бледно-желтый окрас. Изменение раствора в сторону желтого спектра говорит о том, что DPPH

восстанавливается именно родиевым комплексом (так как только его концентрации были применены в разных вариациях).

Изменение окраски растворов изображено на рисунке 15, где пронумерованы колбы в соответствии с концентрациями приготовленных проб.

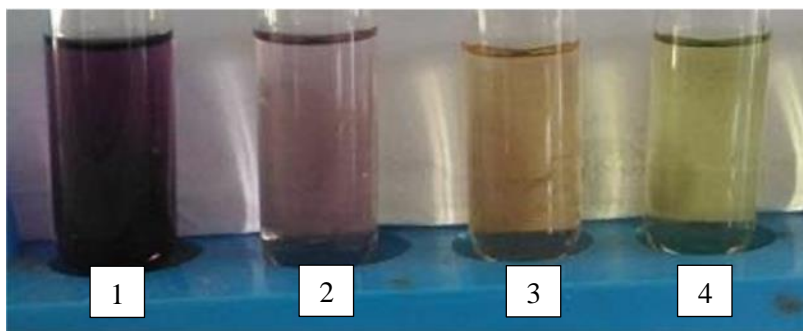


Рисунок 15 – Изменение окраса растворов родиевых комплексов по номерам

Нумерация проб по концентрациям родиевого комплекса в составе растворов отображена в таблице 2.

Таблица 2 – Градация окраса растворов с разными концентрациями РК

№	Концентрация родиевого комплекса (РК)	Окрас раствора
1	Метанольный раствор DPPH	Темно-пурпурный
2	Раствор с концентрацией РК 50 мкг/мл	Светло-пурпурный
3	Раствор с концентрацией РК 100 мкг/мл	Оранжевый
4	Раствор с концентрацией РК 200 мкг/мл	Жёлтый

После проведения анализа пробы стоит отправить на УФ-спектроскопию для выявления абсорбции при помощи УФ-спектрофотометра. УФ-спектроскопия также важна для определения степени обесцвечивания DPPH-растворов, определяется она при длине волны 517 нм.

УФ спектр в нашем случае представляет собой график зависимости поглощения от настроенной нами длины волны (517 нм). А получается этот спектр путём измерения количества излучения, поглощённого помещённым в кювету образцом раствора DPPH с раствором комплекса родия. Данный метод также можно считать надёжным, так как восстановленная форма DPPH не поглощает свет на 517 нм. В качестве контроля используем тролокс. Получившийся УФ спектр представлен на рисунке 16.

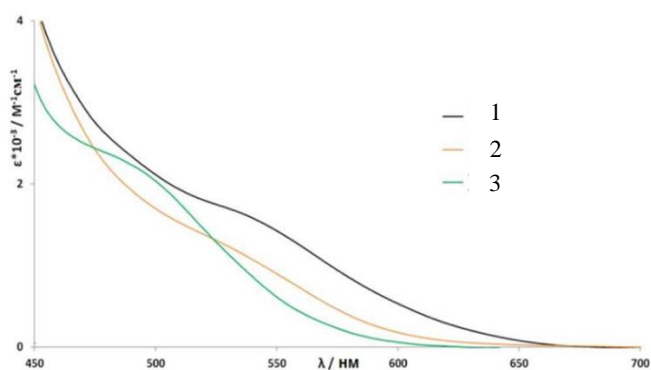


Рисунок 16 – УФ спектр растворов комплекса родия концентраций 1–3

Вариативность концентраций приготовленных растворов представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Концентрация родиевого комплекса на УФ-спектроскопии

№	Концентрация родиевого комплекса (РК)
1	Раствор с концентрацией РК 50 мкг/мл
2	Раствор с концентрацией РК 100 мкг/мл
3	Раствор с концентрацией РК 200 мкг/мл

На УФ спектре мы чётко видим, что при длине волны 517 нм поглощательная способность уменьшается с увеличением концентрации приготовленных растворов комплекса родия. Таким образом, УФ спектр доказывает нам, что комплексы родия действительно имеют антиоксидантные свойства, потому что раствор DPPH не поглотил света при установленной длине волны.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения DPPH анализа мы выявили, что комплексы родия проявляют высокую антиоксидантную активность. Данное утверждение доказывается изменением окраса приготовленных нами растворов, цветовой спектр растворов менялся от пурпурного до светло-желтого. Это говорит о том, что родий проявил свои восстановительные свойства.

А также при расшифровке УФ спектров мы убедились в том, что поглощательная способность DPPH действительно уменьшилась. Объясняется это тем, что родиевый комплекс реагирует с DPPH, стабильным свободным радикалом, который при этом восстанавливается, в результате чего поглощательная способность уменьшается из-за образования DPPH-H из радикала DPPH. Степень обесцвечивания указывает на антиоксидантный потенциал образцов.

Из опытов видно, что антиоксидантная активность у растворов возрастает с увеличением концентрации образца в исследуемом диапазоне, в цифровом соотношении 50 мкг/мл менее 100мкг/мл менее 200мкг/мл, где высшее значение – самые проявленные антиоксидантные свойства, а низшее – самые непроявленные.

В таком случае комплексы родия могут использоваться в биотехнологии для изготовления препаратов в качестве антиоксидантной терапии при лечении и профилактике лучевой болезни, атеросклерозов, инфаркта миокарда, диабета, рака и ряде других заболеваний, возникновению и прогрессированию которых способствует действие свободных радикалов в организме.

Также есть интересный способ применения комплексов родия как антиоксидантов в биотехнологии: комплексы родия могут использоваться в клеточных культурах для повышения их жизнеспособности и защиты их от окислительного стресса, а также комплексы родия могут быть ингредиентами для питательных сред.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Khadichakhan Rafikova, Nil Ertekin Binbay, Nermin Meriç, Aygul Kerimkulova, Alexey Zazybin, Veysel Binbay, Veysi Okumus, Cezmi Kayan, UgurIşik, Nevin Arslan, Murat Aydemir // Biological assays and theoretical density functional theory calculations of Rh(I), Ir(III), and Ru(II) complexes of chiral phosphinite ligand // Wiley, 2019. – PP. 1–11.
- 2 Иванова, Т. Г. Типы месторождений, запасы, добыча и рыночное платиновых металлов // Вестник МГТУ, том 3, №2, 2000. – С. 211–224.
- 3 Nermin Meriç, Nevin Arslanb, Cezmi Kayan, Khadichakhan Rafikova, Alexey Zazybin, Aygul Kerimkulova, Murat Aydemir // Catalysts for the asymmetric transfer hydrogenation of various ketones from [3-[(2*S*)-2-[(diphenylphosphanyl)oxy]-3-phenoxypropyl]-1-methyl-1*H*-imidazol-3-ium chloride] and [Ru( $\eta^6$ -arene)( $\mu$ -Cl)Cl]<sub>2</sub>, Ir( $\eta^5$ -C<sub>5</sub>Me<sub>5</sub>)( $\mu$ -Cl)Cl]<sub>2</sub> or [Rh( $\mu$ -Cl)(cod)]<sub>2</sub> // Inorganica Chimica Acta, 2019. – PP. 108–118.
- 4 Специализированная экспозиция и конференция «Покрытия и обработка поверхности. Последние достижения в технологиях, экологии и оборудовании»: сб. науч. тр. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2014. – 88 с.
- 5 Р.Д. Сейфулла, Е. А. Рожкова, Е. К. Ким Антиоксиданты // Экспериментальная и клиническая фармакология, 2009. – С. 60–64.
- 6 Сергеева К. Я. Химические науки // НАУЧНЫЙ ФОРУМ: сборник статей Международной научно-практической конференции. В 2 ч. Ч. 1. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2023. – С. 25–30.
- 7 Н. В. Игнатъев, У. Вельц-Бирман, Х. Вильнер Новые перспективные ионные жидкости // Ж. Рос. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева, 2004. – С. 36–39.
- 8 A.Zazybin, Kh.Rafikova, V.Yu, D.Zolotareva, V.M.Dembitsky, T.Sasaki Металлсодержащие ионные жидкости: современные представления и применение // Успехи химии, 2017. – С. 1254–1270.
- 9 Jack Norman Pendleton, Brendan F. Gilmore The antimicrobial potential of ionic liquids: A source of chemical diversity for infection and biofilm control // International journal of Antimicrobial Agents, 2015. – PP. 131–139.
- 10 Y.B. Yi, J.L. Lee, Y.H. Choi, S.M. Park, C.H. Chung Direct production of hydroxymethylfurfural from raw grape berry biomass using ionic liquids and metal chlorides // Springer, 2011. – PP. 13–19.
- 11 Muhammad Syahir Aminuddin, Mohamad Azmi Bustam Khalil, Bawadi Abdullah Metal chloride anion based ionic liquids: synthesis, characterization and evaluation of performance in hydrogen sulfide oxidative absorption // RCS Advances, 2022. – PP. 11906–11912.
- 12 Samaneh Mashaghi, Tayebbeh Jadidi, Gijsje Koenderink, Alireza Mashaghi Lipid Nanotechnology // International Journal of Molecular Sciences, 2013. – PP. 4242–4282.
- 13 Бёккер Ю. Спектроскопия // Москва: Техносфера, 2009. – 528 с.
- 14 Х. Гюнтер Введение в курс спектроскопии ЯМР // Москва, «Книга по требованию», 1984. – 478 с.



- 15 Л.А. Казицына, Н.Б. Куплетская Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии // Изд-во Моск. Ун-та, 1979. – 240 с.
- 16 Ч. Кантор, П. Шиммел Биофизическая химия в трёх томах // Москва «Мир», 1984. – 495 с.
- 17 Н. М. Сергеев, К.Ф. Щеберстов, В.Н. Торочешников, Н.Д. Сергеева ЯМР\_спектроскопия, метабономика и биофармацевтика // Ученые записки Казанского Университета, 2012. – С. 33–44.
18. ГОСТ 8.597–2010. Методика измерений масличности и влажности методом импульсного ядерного магнитного резонанса [Текст]. – Введ. 2010–06–11. – М.: Изд-во стандартов, 2018. – 1 с.
- 19 Р. Сильверстейн Г. Басслер Т. Моррил СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ // Москва, Издательство «Мир», 1977. – 590 с.
- 20 J.N. Miller Standards in Fluorescence Spectrometry. Ultraviolet Spectrometry Group // Department of Chemistry, Loughborough University of Technology, UK, 1981. – 115 p.
- 21 М. Р. Айнбунд, И. С. Васильев, Е. Г. Вилькин, Л. Г. Забелина, Е. Е. Левина, А. В. Пашук, А. С. Петров, Т. А. Русанова, Р. М. Степанов, И. Н. Суриков Новые фотокатоды УФ- и ИК-диапазонов для перспективных фотоприемных устройств // ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, 2006. – С. 97–101.
- 22 ГОСТ 33405–2015. Определение спектра поглощения в ультрафиолетовой и видимой областях спектрофотометрическим методом [Текст]. – Введ. 2015–07–22. – М.: Изд-во стандартов, 2015. – 1 с.

## ОТЗЫВ

### НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

На Дипломную работу  
(наименование вида работы)

Умерзаковой Амины Рустамовны  
(Ф.И.О. обучающегося)

6B05101 «Химическая и биохимическая инженерия»  
(шифр и наименование ОП)

Тема: Изучение антиоксидантных свойств родия

**Цель работы:** изучить антиоксидантные свойства родия для дальнейшего применения его комплексов в биотехнологии как антиоксилителей. Перед студентом были поставлены следующие задачи:

- рассмотреть возможности определения антиоксидантной активности на примере родиевого комплекса;
- проанализировать и систематизировать уже имеющиеся данные об антиоксидантных свойствах родия;
- синтезировать родиевый комплекс на основе имидазола;
- получить ЯМР спектроскопию по получившемуся комплексу;
- провести DPPH анализ получившегося родиевого комплекса на основе имидазола;
- оценить возможные перспективы применения родиевых комплексов в качестве антиоксидантов.

В процессе выполнения дипломной работы студент выполнил все задачи на профессиональном уровне и отлично справился с поставленными задачами. В ходе работы обучающийся проявил самостоятельность, аналитические и креативные способности и показала знания по дисциплинам в рамках ОП 6B05101 «Химическая и биохимическая инженерия».

Студент Умерзакова Амина Рустамовна выполнила работу в соответствии со стандартами и заслуживает оценки «отлично» (95 баллов, А).

**Научный руководитель**  
Доктор Ph.D., ассоц. проф.  
(должность, уч. степень, звание)



(подпись)

Рафикова Хадичахан Сабиржановна

«14» июня 2024 г.



НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К.И.САТПАЕВА»

**РЕЦЕНЗИЯ**

На Дипломную работу  
(наименование вида работы)

Умерзаковой Амины Рустамовны  
(Ф.И.О. обучающегося)

6B05101 «Химическая и биохимическая инженерия»  
(Шифр и наименование ОП)

На тему: Изучение антиоксидантных свойств родия

**ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ**

Дипломная работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, списка использованной литературы из 22 источников и выполнена на 30 страницах машинописного текста. Работа представляет собой исследование и изучение антиоксидантных свойств комплекса родиевого металла.

Автор продемонстрировал понимание целей и задач дипломной работы, показал хорошую теоритическую подготовку.

В работе был проведён эксперимент с созданием комплекса родия на основе имидазола, а также эксперимент непосредственно по обнаружению антиоксидантных свойств родиевых комплексов. Рассмотрены перспективы использования родия как антиоксиданта в медицине и в культивации микроорганизмов.

Дипломная работа хорошо структурирована, разделы работы логически связаны между собой, материал изложен последовательно.

Дипломная работа на тему "Изучение антиоксидантных свойств родия" может иметь практическое значение. Работа также отличается качественным исследованием, так как в работе представлены готовые ЯМР и УФ спектры.

**Оценка работы**

Дипломная работа на тему «Изучение антиоксидантных свойств родия»  
выполненная Умерзаковой Аминой Рустамовной оценивается на 95 балла (А), а автор  
заслуживает присуждения степени бакалавр естествознания по ОП 6B05101 – «Химическая  
и биохимическая инженерия».

Рецензент  
Кафедра Биотехнологии КазНУ  
Им. Аль-Фараби, к.х.н., профессор  
(должность, уч. степень, звание)

Бекжанова Нағдайым Рустембековна



\_\_\_\_\_ 2024 г.



## Метаданные

Название

**Изучение антиоксидантных свойств родия**

Автор

**Умерзакова Амина Рустамовна**

Научный руководитель / Эксперт






**Хадичахан Рафикова**

Подразделение

**ИГИНГД**

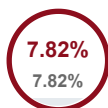
## Тревога

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

Замена букв		0
Интервалы		0
Микропробелы		5
Белые знаки		8
Парафразы (SmartMarks)		34

## Объем найденных подобиий

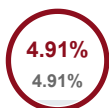
КП-ия определяют, какой процент текста по отношению к общему объему текста был найден в различных источниках.. Обратите внимание!Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



КП1

**25**

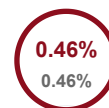
Длина фразы для коэффициента подобия 2



КП2

**4824**

Количество слов



KC

**37183**

Количество символов

## Подобия по списку источников

Ниже представлен список источников. В этом списке представлены источники из различных баз данных. Цвет текста означает в каком источнике он был найден. Эти источники и значения Коэффициента Подобия не отражают прямого плагиата. Необходимо открыть каждый источник и проанализировать содержание и правильность оформления источника.

### 10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	<a href="http://chemistry-chemists.com/N1_2012/S1/ChemistryAndChemists_1_2012-S1-5.html">http://chemistry-chemists.com/N1_2012/S1/ChemistryAndChemists_1_2012-S1-5.html</a>	56	1.16 %
2	2022-БАК-Жаубасар М.docx 5/27/2022 Satbayev University (ИГИНГД)	56	1.16 %
3	2022-БАК-Жаубасар М.docx 5/27/2022 Satbayev University (ИГИНГД)	39	0.81 %

4	2022-БАК-Жаубасар М.docx 5/27/2022 Satbayev University (ИГИНГД)	30	0.62 %
5	2022-БАК-Жаубасар М.docx 5/27/2022 Satbayev University (ИГИНГД)	28	0.58 %
6	2022-БАК-Жаубасар М.docx 5/27/2022 Satbayev University (ИГИНГД)	28	0.58 %
7	2022-БАК-Жаубасар М.docx 5/27/2022 Satbayev University (ИГИНГД)	24	0.50 %
8	2022-БАК-Жаубасар М.docx 5/27/2022 Satbayev University (ИГИНГД)	19	0.39 %
9	<a href="https://scienceforum.ru/2015/article/2015017529">https://scienceforum.ru/2015/article/2015017529</a>	19	0.39 %
10	2022-БАК-Жаубасар М.docx 5/27/2022 Satbayev University (ИГИНГД)	17	0.35 %

#### из базы данных RefBooks (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

#### из домашней базы данных (6.26 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	2022-БАК-Жаубасар М.docx 5/27/2022 Satbayev University (ИГИНГД)	302 (14) 6.26 %

#### из программы обмена базами данных (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

#### из интернета (1.55 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	<a href="http://chemistry-chemists.com/N1_2012/S1/ChemistryAndChemists_1_2012-S1-5.html">http://chemistry-chemists.com/N1_2012/S1/ChemistryAndChemists_1_2012-S1-5.html</a>	56 (1) 1.16 %
2	<a href="https://scienceforum.ru/2015/article/2015017529">https://scienceforum.ru/2015/article/2015017529</a>	19 (1) 0.39 %

#### Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	------------	---