

## Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу Ильященко Виринеи Юрьевны  
«Биомиметическое окисление воды в присутствии многоядерных комплексов  
рутения»,

представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по  
специальности 1.4.4.- Физическая химия

Получение экологически чистой энергии относится к важнейшим задачам современной науки. Одним из перспективных направлений преобразования солнечной энергии считается ее биомиметическая утилизация, основанная на возможности фотоиндуцированного разложения воды на кислород и водород. Если в исследовании солнечных батарей безусловно наблюдается явный прогресс (предлагаются конструкции новых батарей, повышается их к.п.д. и т.д.) то биомиметический метод пока далек от практического использования, хотя теоретические работы по его освоению ведутся в разных странах мира. Поэтому диссертационную работу Ильященко В.Ю., в которой исследовано биомиметическое окисление воды в присутствии многоядерных комплексов рутения можно считать **актуальной**.

Диссертационная работа написана в классическом стиле и содержит введение, обзор литературы, экспериментальную часть, обсуждение полученных результатов, заключение и список цитированной литературы. Общий объем работы 155 страницы, обильно проиллюстрированных таблицами и рисунками. Список литературы содержит 156 наименования работ отечественных и зарубежных ученых, опубликованных как на русском, так и на английском языках.

Во введении автор обосновывает актуальность темы диссертационной работы и степень ее разработанности. Поставлены цель и задачи исследования. Приведены результаты, отличающиеся научной новизной, теоретической и практической значимостью. Описаны методология и методы исследования и приводятся положения, выносимые на защиту. Подробно приводится личный вклад автора, а также сведения об апробации результатов работы на конференциях разного уровня. Сведения о публикациях, структуре и объеме диссертационной работы во введении не приведены, но они есть в автореферате диссертационной работы.

Обзор литературы (с.16-58) состоит из трех разделов. В первом обсуждено окисление воды в природном фотосинтезе. Во втором

также рассмотрено его поведение в кислых растворах и его восстановление координированными молекулами воды. Отдельно рассмотрено окисление воды соединениями церия, катализируемое кластерами рутения  $\text{Ru}_4\text{N}_2\text{O}_5^+$ .

Далее автором предпринята попытка создания полной функциональной химической модели вода-пластохинон-оксиредуктаза, для чего был синтезирован четырехядерный комплекс рутения с полиоксвольфраматными лигандами и катионами лития. В его присутствии была изучена реакция фотоиндуцированного окисления воды.

Выводы (с.130-131) представляются вполне обоснованными.

Содержание автореферата адекватно отражает суть диссертации.

По мнению оппонента, в диссертационной работе получены следующие результаты, отличающиеся **научной новизной и практической значимостью**. Это впервые полученные и охарактеризованные биядерные комплексы рутения с кислородными и азотными мостиками между ядрами рутения. Причем замена кислородного мостика между атомами рутения на азотный, приводит к увеличению активности катализатора почти в два раза. Автором впервые показано, что кинетика восстановления рутениевых комплексов координированными молекулами воды с образованием молекулярного кислорода в отсутствие экзогенного окислителя при концентрации рутения  $1 \cdot 10^{-4}$  М и комнатной температуре описывается законом бимолекулярной реакции. Получены новые знания о механизмах внутрикластерных реакций окисления воды.

Вопросы и замечания:

1. К стр.6,7. На стр.6  $\text{Mn}_4\text{CaO}_5$  - ко-фактор, а на стр.7 он уже катализатор.
2. К стр.34. Что понимает автор под «промежуточными продуктами окисления воды»?
3. К табл.2 и далее. Какова ошибка в определении TOF и TON?
4. В экспериментальной части следовало бы привести полностью ИК спектры синтезированных комплексов, а так же схему установки для волюмометрических измерений.
5. Как из рис.63 (прямая 2) увидели восьмой порядок по концентрации церия? Как-то рассчитывали?

6. К рис.63 и 64 На прямой 2 на обоих рисунках кружки не заштрихованы, а должны, судя по подписям.
7. К рис.66. «Условия указаны под рис.60» Но под ним ничего не указано.
8. К табл.5 Почему с ростом концентрации окислителя растёт TON и квантовый выход, а выход кислорода падает?
9. К табл.6 . Почему с ростом концентрации катализатора TON и квантовый выход кислорода имеют экстремальные зависимости, а выход кислорода изменяется слабо?
- 10.К табл.7. Какова точность приведенных значений? Почему при максимальных значениях TON значения выхода кислорода и квантового выхода далеко не максимальны?
- 11.К стр.125. Как можно объяснить оптимальную концентрацию катализатора 1мМ? «ниже этой концентрации и выше виден спад кинетических кривых при практически одинаковых начальных скоростях реакции».
- 12.Почему в списке цитированной литературы есть одна работа 2021 года и две 2020, а более свежие отсутствуют?

Высказанные замечания не снижают благоприятного впечатления от диссертационной работы, которая в полной мере соответствует паспорту специальности 1.4.4. – физическая химия: п.1 Экспериментально-теоретическое определение энергетических и структурно-динамических параметров строения молекул и молекулярных соединений, а также их спектральных характеристик; п.7 Макрокинетика, механизмы сложных химических процессов....п.8 ....Механизмы реакции с участием активных частиц.

Диссертация представляет собой законченную работу, выполненную на высоком научно-техническом уровне. Её основные положения отражены в 8 опубликованных статьях в профильных журналах, а также доложены и обсуждены на многочисленных всероссийских и международных конференциях.

Считаю, что диссертационная работа «Биомиметическое окисление воды в присутствии многоядерных комплексов рутения» соответствует всем критериям (пп.9-11, 13,14) Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденных постановлением Правительства РФ №842

от 24 сентября 2013 года в действующей редакции, а ее автор Ильященко  
Виринея Юрьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата  
химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Официальный оппонент:

доктор химических наук, профессор,  
профессор кафедры фундаментальной и прикладной химии Института  
математики, информационных технологий и естественных наук  
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Ивановский государственный университет»

Клюев Михаил Васильевич



30.09.2026 г.

Контактные данные:

Тел.: +7 (4932) 37-37-03; рабочий e-mail: klyuev@inbox.ru;

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена  
диссертация: 02.00.03 – Органическая химия, 02.00.13 – Нефтехимия.

Адрес места работы: 153025, Центральный федеральный округ, г.  
Иваново, ул. Ермака, д. 39.

Тел.: +7 (4932) 37-37-03; рабочий e-mail: klyuev@inbox.ru;

Согласен на включение моих персональных данных в документы,  
связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись сотрудника ФГБОУ ВО «Ивановский государственный  
университет» д.х.н., проф. Клюева М.В. удостоверяю:

Проректор ИвГУ

По исследовательской и проектной деятельности,



Смирнова И.Н.

30.09.2026 г.

