

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР



«ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА
ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА

СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
(ИК СО РАН, Институт катализа СО РАН)

Россия, 630090, г. Новосибирск
просп. Академика Лаврентьева, д.5
Тел.: (383) 330-67-71; факс: (383) 330-83-56
E-mail: bic@catalysis.ru; http://catalysis.ru
ОКПО 03533913; ОГРН 1025403659126;
ИНН 5408100177; КПП 540801001

29 ИЮЛ 2025

№ 15324/

01-07/23.00-2/1706

На № _____ от _____

О согласии выступить в качестве ведущей
организации

Глубокоуважаемый Михаил Петрович!

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр Институт катализа им. Г. К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук дает согласие на выполнение функций ведущей организации по диссертации

Виль Веры Андреевны
«АЦИЛПЕРОКСИДЫ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК: ОРГАНИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ С УЧАСТИЕМ
ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ»

представляемой на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.3. Органическая химия и предоставить отзыв в диссертационный совет в установленном порядке. В соответствии с Федеральным законом от 27.07.2006 г. № 152 - ФЗ «О персональных данных» настоящим даем согласие на обработку данных об организации в целях включения в аттестационное дело соискателя для защиты диссертации. Отзыв будет подготовлен в Отделе гетерогенного катализа

Приложение: Сведения о ведущей организации.

Заместитель директора, к.х.н.

исп: Козлова Е.А.
тел: (383) 264-95-43
e-mail: kozlova@catalysis.ru



Д.И. Потемкин

**Сведения о ведущей организации
по диссертационной работе Виль Веры Андреевны
«АЦИЛПЕРОКСИДЫ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК:
ОРГАНИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ С УЧАСТИЕМ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ
ПРОЦЕССОВ»,**

представленной на соискание ученой степени доктора наук
по специальности 1.4.3. Органическая химия в Диссертационный совет 24.1.092.01
при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки
Институте органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук

Полное наименование организации в соответствии с уставом	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр Институт катализа им. Г. К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук
Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом	ФИЦ ИК СО РАН
Организационно-правовая форма организации	Федеральное государственное бюджетное учреждение наук
Ведомственная принадлежность	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Почтовый индекс, адрес организации	630090, Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева, 5
Телефон	+7(383) 330-87-67
Адрес электронной почты	www@catalysis.ru
Руководитель организации	Бухтияров Валерий Иванович Директор академик РАН, профессор, доктор химических наук
Наименование профильного структурного подразделения, занимающегося проблематикой диссертации	Отдел гетерогенного катализа
Сведения о лице, утверждающем отзыв ведущей организации	Козлова Екатерина Александровна Ведущий научный сотрудник профессор РАН, доктор химических наук E-mail: kozlova@catalysis.ru

Список основных публикаций в рецензируемых изданиях, монографии, учебники за последние пять лет по теме диссертации (не более 15 публикаций)

- 1) Kharina S., Kurenkova A., Aydakov E., Mishchenko D., Gerasimov E., Saraev A., Zhurenok A., Lomakina V., Kozlova E.A. Activation of g-C₃N₄ by Oxidative Treatment for Enhanced Photocatalytic H₂ Evolution // Applied Surface Science. 2025. V.698. 163074 :1-12. DOI: 10.1016/j.apsusc.2025.163074.
- 2) Sakhapov I.F., Zhurenok A.V., Gafurov Z.N., Mischenko D.D., Aidakov E.E., Lomakina V.A., Saraev A.A., Gerasimov E.Y., Kozlova E.A., Sinyashin O.G., Yakhvarov D.G. Synthesis and Photocatalytic Activity in Hydrogen Evolution Reaction of Nickel-Modified g-C₃N₄ // International Journal of Hydrogen Energy. 2025. V.152. 150125 :1-12. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2025.150125.
- 3) Ivanchikova I.D., Maksimchuk N.V., Marikovskaya S.M., Evtushok V.Y., Antonov A.A., Yanshole V.V., Kholdeeva O.A. Activation of tert-Butyl Hydroperoxide by Zr(IV) Stabilized by Polyoxotungstate Scaffolds // ChemPlusChem. 2025. V.90. N3. e202400605 :1-9. DOI: 10.1002/cplu.202400605.
- 4) Lopatkin V.A., Evtushok V.Y., Stonkus O.A., Kibis L.S., Podyacheva O.Y., Kholdeeva O.A. Highly Efficient Supported Catalysts Based on Zr-Containing Polyoxometalates and Multiwalled Carbon Nanotubes for Selective Oxidation of Thioethers with H₂O₂ // Catalysis Science and Technology. 2025. V.15. N6. P.1825 - 1838. DOI: 10.1039/D4CY01526F.
- 5) Markovskaya D.V., Lomakina V.A., Kozlova E.A. Photoelectrochemical Properties of Pt- and Ir-Modified Graphitic Carbon Nitride // Chimica Techno Acta. 2024. V.11. N2. 202411208 :1-10. DOI: 10.15826/chimtech.2024.11.2.08.
- 6) Potapenko K.O., Kurenkova A.Y., Mishchenko D.D., Gerasimov E.Y., Byambajav E., Kozlova E.A. Synthesis of Effective NiO/Ni/g-C₃N₄ Photocatalysts for CO₂ Reduction under Visible Light Irradiation /// Kinetics and Catalysis. 2024. V.65. N6. P.724-732. DOI: 10.1134/S0023158424602699.
- 7) Maksimchuk N.V., Marikovskaya S.M., Larionov K.P., Evtushok V.Y., Yanshole V.V., Antonov A.A., Kholdeeva O.A. Effect of the Polyanion Structure on the Mechanism of Alcohol Oxidation with H₂O₂ Catalyzed by Zr-Substituted Polyoxotungstates // Inorganic Chemistry. 2024. V.63. N39. P.18043–18057. DOI: 10.1021/acs.inorgchem.4c02641.
- 8) Vasilchenko D., Tkachev S., Tkachenko P., Berdyugin S., Popovetskiy P., Gerasimov E., Zhurenok A., Kozlova E.A. Platinum(IV) Carbonato Complexes: Formation via the Addition of CO₂ to the [Pt(OH)₆]²⁻ Anion and Generation of Platinum(IV) Oxide Nanoparticles for the Preparation of Catalysts // Inorganic Chemistry. 2023. V.62. N64. P.9732–9748. DOI: 10.1021/acs.inorgchem.3c01320.

9) Markovskaya D.V., Kozlova E.A. Photoelectrodes Based on Cadmium and Zinc Sulfides for the Light Energy Conversion to Electrical Energy: The Role of the Materials' Chemical Composition and Electrolyte Concentration // Russian Journal of Electrochemistry. 2022. V.58. N7. P.563-566. DOI: 10.1134/S1023193522070102.

10) Vasilchenko D., Tkachenko P., Tkachev S., Popovetskiy P., Komarov V., Asanova T., Asanov I., Filatov E., Maximovskiy E., Gerasimov E., Zhurenok A., Kozlova E.A. Sulfuric Acid Solutions of $[Pt(OH)_4(H_2O)_2]$: A Platinum Speciation Survey and Hydrated Pt(IV) Oxide Formation for Practical Use // Inorganic Chemistry. 2022. V.61. N25. P.9667–9684. DOI: 10.1021/acs.inorgchem.2c01134.

11) Markovskaya D.V., Zhurenok A.V., Cherepanova S.V., Kozlova E.A. Solid Solutions of CdS and ZnS: Comparing Photocatalytic Activity and Photocurrent Generation // Applied Surface Science Advances. 2021. V.4. 100076 :1-8. DOI: 10.1016/j.apsadv.2021.100076.

Зам. директора ФИЦ ИК СО РАН



 /Д.И. Потемкин

«__» _____ 2025 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

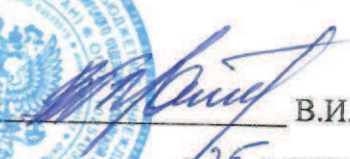
Директор

Федерального государственного
бюджетного учреждения науки

«Федеральный исследовательский центр
«Институт катализа им. Г.К. Борескова

Сибирского отделения Российской
академии наук», академик РАН



 В.И. Бухтияров

«25» сентября 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Виль Веры Андреевны

**«Ацилпероксиды и электрический ток: органический синтез с участием
окислительных процессов», представленную на соискание ученой степени доктора
химических наук по специальности 1.4.3. Органическая химия**

Одной из главных задач синтетической органической химии является разработка эффективных методов создания новых химических связей, которые бы позволяли получать сложные молекулы из простых и доступных исходных соединений при минимальных затратах. Одним из фундаментальных способов формирования новых химических связей являются реакции окисления. Особый интерес в настоящее время представляют процессы окислительного сочетания, в результате которых происходит формирование новой химической связи между двумя субстратами. В последнее десятилетие окислительному кросс-сочетанию уделяется значительное внимание, поскольку образование новой связи в этих процессах происходит с высокой атомной эффективностью и не требует введения в молекулы функциональных групп, необходимых в других подходах к кросс-сочетанию. В диссертационной работе исследовано применение двух типов окислителей:

ацилпероксидов и анодных процессов - в окислительном сочетании для создания связей С-С и С-гетероатом; рассмотрены общие и уникальные характеристики этих окислителей. В диссертационной работе получила развитие также химия ацилпероксидов – соединений, интересных не только возможностью их использования для радикальной полимеризации и кросс-сшивки, но и потенциальной противопаразитарной активностью. Этот труд охватывает целый ряд разных разделов химии этого класса соединений, включая методы их синтеза, а также анализ факторов, определяющих их стабильность.

Материал диссертации представлен на 500 страницах и состоит из введения, литературного обзора, посвященного синтезу и химическим свойствам пероксидов с биспероксидным и ацилперокси фрагментами (34 страницы), обсуждения результатов (141 страница), экспериментальной части (234 страницы), выводов и списка литературы, который включает 712 наименований.

Представленный в литературном обзоре анализ химии пероксидов с биспероксидным и ацилперокси фрагментами раскрывает проблематику, которая до недавнего времени оставалась в этой области химии – селективный синтез циклических пероксидов с вовлечением в реакции пероксидирования двух различных функциональных групп. Подавляющее большинство методов синтеза органических пероксидов основано на взаимодействии электрофильных центров одного типа (карбонильных или карбоксильных соединений, карбокатионов, полученных из спиртов, галогенидов или алкенов) с пероксидом водорода или гидропероксидами. Синтез стабильных циклических ацилпероксидов из β - и γ -кетозэфиров является потенциально сложной задачей вследствие различной реакционной способности карбонильной и сложноэфирной групп по отношению к нуклеофильным агентам, а также возможности протекания широко известных кислотно-катализируемых перегруппировок Байера-Виллигера или Криге. Свойства таких циклических пероксидов могут быть нетривиальными и трудно предсказуемыми. Особо хочется отметить важность как для практической, так и теоретической химии результатов анализа структурных и стереоэлектронных факторов, определяющих стабильность полученных новых классов пероксидов. С учетом вышесказанного, можно с уверенностью сказать, что исследования в области синтеза циклических ацилпероксидов и процессов окисления с их участием являются актуальными и новыми, имеющими и фундаментальное, и практическое значение.

Важную часть этой работы составило исследование новых процессов образования С-О связи на основе взаимодействия субстратов широкого структурного ряда с диацилпероксидами. Были созданы методы окислительного С-О сочетания диацилпероксидов с различными субстратами с высокой атомной эффективностью как с

применением металлокомплексного катализа, так и без него. Определены фундаментальные принципы этих процессов: при окислении ацилпероксидами образование новой связи между органическими компонентами происходит либо в результате переноса электронов от субстрата к окислителю без образования выраженного электрон-дефицитного интермедиата, либо через генерацию высоковалентного металлокомплексного интермедиата при взаимодействии металла с пероксидом.

Особо хочется отметить созданные методы окислительной функционализации и конструирования N-гетероциклических соединений с участием электрического тока, в которых целевая молекула формируется в результате многостадийного каскада как химических, так и электрохимических стадий, на основе трансформаций доступных соединений с C=C и C-H фрагментами. Разработаны методы синтеза 5- и 6-членных N-гетероциклических соединений (тетрагидрохинолинов, имидазолов, 1-циано-имидазо[1,5-*a*]пиридинов, и 4-оксо-4*H*-пиридо[1,2-*a*]пирозин-1-карбонитрилов) из доступных C-H соединений с участием электрического тока, протекающие через окислительные многостадийные процессы с высокой селективностью, несмотря на множество возможных процессов в неразделенной электрохимической ячейке. Полученные в работе гетероциклические соединения обладают выраженным фунгицидным действием против различных грибковых возбудителей болезней растений.

Было обнаружено, что из доступных неорганических тиоцианатов с помощью электрического тока могут быть сгенерированы активные цианирующие частицы, которые участвуют в *in-situ* электросинтезе цианированных гетероциклических соединений.

Оценивая всю выполненную диссертантом экспериментальную работу, можно с уверенностью констатировать, что проведено большое и многоплановое исследование процессов окисления, сочетающее в себе создание эффективных синтетических методов, исследование реакционной способности циклических ацилпероксидов, а также анализ механизмов исследуемых процессов. Результаты этой работы добавят в арсенал тонкого органического синтеза целый ряд новых оригинальных подходов к нетривиальным кислородсодержащим структурам. Достоверность и воспроизводимость полученных результатов подтверждается высоким качеством проведенных экспериментов по синтезу новых соединений и по установлению их строения с помощью современных физико-химических методов. В работе синтезировано более 200 новых соединений, что свидетельствует о достаточно широком охвате структурного разнообразия реакционных партнеров для ключевых объектов исследования, поэтому надежность разработанных методик не вызывает сомнения. Автор этой работы открыл действительно очень интересные синтетические направления в химии окислительных процессов, которое можно

сформулировать как новую стратегию построения химических связей углерод-углерод и углерод-гетероатом на основе окислительных процессов с участием различных по природе окислителей, и наличие которого подтверждает **высокую научную и практическую значимость выполненного исследования.**

Материал раздела с обсуждением результатов исследования и экспериментальной части хорошо структурирован и логично выстроен, текст изложен хорошим, понятным языком. Однако, имеется ряд вопросов и замечаний:

1. В разделе «ВВЕДЕНИЕ» не представлено ни одной ссылки на литературные данные, хотя обоснование актуальности и научной новизны работы подразумевает сравнение с литературными данными.
2. Механизм каталитического действия силикагеля представлен довольно кратко, следовало бы расширить обсуждение, в частности, описать причины, по которым TiO_2 , Al_2O_3 и ZSM-5 работают в целевых процессах хуже, чем силикагель.
3. По Таблице 2.1. возникает вопрос, есть ли в системе вода? Какую роль выполняет большой избыток трифторида бора? Почему использование трифторида бора более эффективно по сравнению с традиционными кислотами.
4. Таблица 3.2. Чем связан выбор таких экзотических материалов как соли лантаноидов в качестве катализаторов реакции окислительного C-O сочетания β -дикарбонильных соединений?
5. Есть ли предположения, почему железо выпадает из экспериментальной зависимости, представленной на Рисунке 3.3.? Достигается ли по мнению автора в процессе C-O сочетания степень окисления меди 3+?
6. По Таблице 3.14. и далее для реакций окисления простых эфиров и ацилоксилирования кетонов возникает вопрос, почему в качестве катализаторов были использованы ацетаты металлов, а не какие-то их более сложные комплексные соединения?
7. Согласно Схеме 4.13(механизм) кислород является реагентом в электрохимическом синтезе фторированных кетонов, однако, он не указан в качестве реагента на Схеме 4.10.
8. Возможно ли использовать цианат вместо триацианата в качестве цианирующих агентов в синтезах, проходящих согласно Схемам 15.15 и 15.16?
9. Проводились ли работы по масштабированию реакторов(ячеек) для электрохимического синтеза различных ценных продуктов, будут ли сохраняться при масштабировании выходы реакции?
10. В целом, диссертация написана очень грамотным языком без каких-либо опечаток, но вызывает некоторые вопросы, что ссылки в квадратных скобках ставятся после точки либо запятой, а не наоборот.

Указанные выше замечания и вопросы не снижают хорошего впечатления от представленной работы, которая, несомненно, вносит большой вклад сразу в несколько разделов органической химии.

Содержание работы отражено в 33 публикациях в рецензируемых научных журналах, индексируемых библиографическими базами Web of Science и Scopus, а также 4 патентах РФ. Результаты работы были представлены на 30 международных и всероссийских конференциях.

Результаты диссертационной работы могут быть полезны для организаций, работающих в области тонкого органического синтеза и каталитических процессов: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ, г. Москва), Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ, г. Санкт-Петербург), Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН (ИОХ РАН, г. Москва), Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (г. Нижний Новгород), Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова (НИОХ СО РАН, г. Новосибирск), Институт металлоорганической химии им. Г.А. Разуваева (г. Нижний Новгород), Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН (г. Новосибирск), Казанский федеральный университет (КФУ, г. Казань), Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН (г. Казань), Уфимский институт химии УФИЦ РАН (г. Уфа), Институт нефтехимии и катализа РАН (ИПХ РАН, г. Уфа), Институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН (г. Иркутск) и других организаций, занимающихся проблемами современной органической химии.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа Виль В.А. «Ацилпероксиды и электрический ток: органический синтез с участием окислительных процессов», представленная на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.3 Органическая химия, является законченным научно-квалификационным исследованием, которое по актуальности, объему экспериментального материала, новизне, практической значимости и достоверности полученных результатов соответствует требованиям ВАК РФ, установленным пунктами 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. в действующей редакции, а ее автор Виль Вера Андреевна заслуживает присвоения ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.3. Органическая химия.

Диссертационная работа Виль Веры Андреевны и отзыв обсуждены и единогласно утверждены на заседании Отдела гетерогенного катализа с приглашением членов Ученого совета ИХ СО РАН, научно-исследовательская деятельность которых соответствует

тематике диссертации, 02.09.2025 года; протокол № 9/1. Отзыв составлен доктором химических наук (специальность «Кинетика и катализ», 02.00.15), профессором РАН. Козловой Екатериной Александровной (e-mail: kozlova@catalysis.ru).

Ведущий научный сотрудник Отдела гетерогенного катализа
Доктор химических наук (02.00.15 — Кинетика и катализ), профессор РАН
Козлова Екатерина Александровна



Заведующий Отделом гетерогенного катализа
Доктор химических наук (02.00.15 — Кинетика и катализ),
Снытников Павел Валерьевич



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр Институт катализа им. Г. К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук

Адрес: 630090, Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева, 5

Тел.: +7(383) 330-87-67

E-mail: www@catalysis.ru

Подписи Е.А. Козловой и П.В. Снытникова удостоверяю
Ученый секретарь ИК СО РАН,

к.х.н.

25 сентября 2025 года



/ Ю.В. Дубинин/