

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кабардино-Балкарский государственный университет
им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)**

Ул. Чернышевского, 173, Нальчик, КБР, 360004. Тел./факс (8-8662) 42-52-54
E-mail: yka@kbsu.ru ОКПО 02069510, ОГРН 1020700739234, ИНН 0711037537, КПП 072501001

ОТЗЫВ

**официального оппонента члена-корреспондента РАН, д.х.н., профессора
Хашировой С.Ю. на диссертацию Лагуновой Ольги Владимировны «Синтез
новых сшитых поли(N-изопропилакриламидных) и полиакрилатных
гидрогелей с автоколебательными свойствами» на соискание учёной степени
кандидата химических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные
соединения**

Диссертационная работа Лагуновой О.В. посвящена одной из наиболее перспективных и методологически сложных областей современной химии полимеров — созданию «умных» материалов, способных к автономному периодическому движению за счёт внутренних химических процессов. Данное направление лежит на стыке наук о полимерах, катализе, неравновесной термодинамики и материаловедения, что предъявляет к исследователю исключительно высокие требования как в теоретической подготовке, так и в экспериментальном мастерстве. Представленная работа в полной мере этим требованиям соответствует.

Актуальность темы диссертации не вызывает сомнений. Разработка нерутинных автоколебательных систем является стратегической задачей, направленной на преодоление ключевых ограничений существующих прототипов —

высокой стоимости, токсичности и низкой фотостабильности катализаторов на основе рутения. Создание доступных, эффективных и программируемых хемомеханических актуаторов откроет новые возможности в мягкой робототехнике, автономном дозировании лекарств, создании сенсорных систем и логических элементов для молекулярных вычислений. Работа выполнена на высоком уровне и полностью соответствует приоритетам развития химической технологии и наук о материалах в Российской Федерации.

Научная новизна и значимость полученных результатов носят прорывной характер. Автором не просто воспроизведены известные подходы, а предложены и реализованы принципиально новые стратегии:

- установлена и количественно охарактеризована фундаментальная зависимость между гидрофобно-гидрофильным балансом лиганда в иммобилизованном железосодержащем катализаторе и амплитудой механических колебаний полимерной сетки. Это исследование переводит дизайн автоколебательных материалов из эмпирической в рациональную плоскость.

- синтезирован ряд функциональных материалов – нерутениевые координационные гидрогели на основе железа с ковалентно иммобилизованными производными фенантролина и бипиридина. Синтезированный на основе батофенантролина гидрогель демонстрирует рекордную для своего класса амплитуду колебаний (~10 %), что является хорошим результатом.

- разработан инновационный одностадийный метод получения многофункционального гидрогеля на основе полиакриловой кислоты и ионов Ce^{4+} . Этот материал уникальным образом сочетает автоколебательные свойства со способностью к самовосстановлению, что значительно расширяет потенциал его практического применения.

Внесён существенный методический вклад: разработан щадящий протокол СЭМ-анализа, сохраняющий нативную морфологию гидрогелей, и создано специализированное программное обеспечение для обработки кинетических данных. Эти разработки будут востребованы научным сообществом.

Теоретическая и практическая ценность работы высока. Полученные результаты вносят существенный вклад в теорию сопряжения химических и механических процессов в «умных» полимерных сетках. Практические наработки – новые синтетические протоколы, материалы с заданными свойствами и методики анализа – готовы к внедрению как в исследовательскую практику, так и в учебный процесс для подготовки высококвалифицированных кадров в области химии полимеров и функционального материаловедения.

Апробация и публикации. Основные положения диссертации отражены в 12 научных работах, включая публикации в высокорейтинговых международных журналах (Mendeleev Communications, Pure and Applied Chemistry), а также в авторитетном отечественном журнале «Успехи химии». Объем и уровень публикаций соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций не вызывает нареканий. Работа выполнена с применением современного арсенала физико-химических методов (ЯМР, масс-спектрометрия, электронная микроскопия, спектроскопические и механические тесты). Интерпретация экспериментальных данных логична, доказательна и корректна. Структура диссертации (аналитический обзор, экспериментальные главы, выводы) безупречна. Автореферат адекватно и полно отражает содержание диссертации.

Замечания по диссертационной работе:

1. Разработанный многофункциональный гидрогель ПАК/ Ce^{4+} , сочетающий автоколебания и самовосстановление, является выдающимся достижением. Его способность к полному восстановлению за 120 минут впечатляет. Возникает вопрос, имеющий как фундаментальный, так и прикладной интерес: сохраняется ли автоколебательная функция после акта самовосстановления? Экспериментальная проверка того, восстанавливается ли не только целостность и прочность, но и синхронизация каталитических центров и периодический хемомеханический отклик в «залеченном» образце, могла бы стать логичным и сильным продолжением данного исследования.

2. В тексте указано: «Окисление иммобилизованного катализатора увеличивает сродство полимера к растворителю (воде)». Вероятно, имеет место опечатка, и предполагается «сродство полимера к растворителю». Также, при описании механизма на той же странице, для большей ясности стоило бы явно подчеркнуть, что ключевым фактором, меняющим сродство, является изменение заряда иммобилизованного комплекса ($\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ или $\text{Ce}^{3+}/\text{Ce}^{4+}$), которое влияет на электростатические взаимодействия с ионизированными/ионизируемыми группами полимера и, как следствие, на осмотическое давление. Это уточнение сделало бы объяснение более детальным для читателей, не являющихся узкими специалистами в области осциллирующих гелей.
3. Хотелось бы увидеть кривые зависимости степени набухания от температуры для всех гелей на основе N-изопропилакриламида, с целью определить различия в температурах объемного фазового перехода и влияния на амплитуду хемомеханического отклика.

Критические замечания и пожелания, носят сугубо конструктивный и дискуссионный характер и направлены на дальнейшее развитие данного важного направления. Они ни в коей мере не умаляют ценности представленной работы и полученных в ней научных результатов.

Заключение

Диссертационная работа Лагуновой Ольги Владимировны является законченным, самостоятельным научно-квалификационным исследованием, в котором решена научная проблема, имеющая важное значение для развития химии высокомолекулярных соединений. Автор продемонстрировал глубокие теоретические знания, высокую экспериментальную культуру и способность к получению научных результатов, обладающих признаками новизны и практической значимости.

Диссертационная работа Лагуновой Ольги Владимировны «Синтез новых сшитых поли(N-изопропилакриламидных) и полиакрилатных гидрогелей с автоколебательными свойствами», представленная на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные

соединения, является законченным научно-квалификационным исследованием, которое по актуальности, объему материала, научной новизне, практической значимости и достоверности полученных результатов соответствует требованиям ВАК Минобрнауки РФ (п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Правительством Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 в действующей редакции). Работа полностью соответствует паспорту специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения (химические науки). Автор диссертационной работы Лагунова Ольга Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения.

Официальный оппонент:

доктор химических наук
(02.00.06 – Высокомолекулярные соединения),
член-корреспондент РАН, профессор,
проректор по научно-исследовательской работе,
главный научный сотрудник
Центра прогрессивных материалов
и аддитивных технологий
ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский
государственный университет
им. Х.М. Бербекова»



Светлана Юрьевна Хаширова

Адрес места работы:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»
360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173
Тел.: +7 (903) 494-15-29
E-mail: new_kompozit@mail.ru