

## Отзыв официального оппонента

доктора химических наук, доцента Аксенова Николая Александровича  
на диссертационную работу Мукерджи Аниндиты  
«Трансформации моно- и дикарбонильных соединений в реакциях с *C*-, *N*-, *O*-  
нуклеофилами в условиях механоактивации и в ионных жидкостях»,  
представленную на соискание ученой степени  
кандидата химических наук  
по специальности 1.4.3 – Органическая химия

Развитие химической промышленности происходило в тесной связи с фундаментальной наукой и позволило решить множество проблем общества, связанных с продовольствием, материаловедением и медициной, одновременно повышая качество и продолжительность жизни. Многие отрасли на данный момент не могут существовать при классическом образе ведения хозяйства, а отказ от антибиотиков и удобрений по умолчанию означает смерть миллионов людей в течение первых же месяцев. Между тем, ничего идеального не существует и старый, безрассудный подход, основанный на экономике процесса начинает отходить на второй план, вытесняясь более прогрессивными методами оценки, в основе которых лежат концепции зеленой и устойчивой химии, принципы которых в последнее время звучат достаточно часто и не требуют повторного перечисления. Конечно, сами по себе они не могут оказать влияния на корпорации и государства по всему миру вводят все более строгие пошлины и штрафы за загрязнение окружающей среды, что делает применение многих ранее зарекомендовавших себя реакций экономически нецелесообразными. Таким образом, на первый план выходят методы, включающие отсутствие растворителя, повторное использование реагентов, катализ, мультикомпонентные реакции, нестандартные методы активации, такие как фотохимия, электрохимия, механохимия, ультразвукования и микроволновая

активация (главным преимуществом которой является минимальное количество растворителя и высокая эффективность нагрева). Первоочередной задачей, при этом, представляется перевод уже известных превращений в новые условия. Представленная диссертация как раз и решает представленную задачу большинством вышеперечисленных методов, что делает ее темой, безусловно, **актуальной и практически значимой**.

Диссертация Мукерджи А. построена по классической схеме и состоит из введения, трёх глав, заключения и списка использованной литературы (146 ссылок), оформленной по ГОСТу. Работа изложена на 129 страницах, содержит 3 рисунка, 53 схемы и 18 таблиц. Текст составлен идеально как с грамматической, так и со стилистической точек зрения, видна кропотливая работа по вычитке текста.

Как это и должно быть, литературный обзор подтверждает **актуальность** тематики. В первую очередь, в нем рассмотрены реакции конденсации и алкилирования дикарбонильных соединений, что позволяет получать различные гетероциклические соединения, в числе которых кумарины, хиноксалины и феназины. Помимо этого, представлены различные превращения, в которых карбонильные соединения выступают в качестве электрофилов в двух и трехкомпонентных реакциях. Обзор выглядит достаточно многогранным и затрагивает множество аспектов химии альдегидов и кетонов, однако и сама работа является таковой. Предложенное название кажется при этом очень общим, однако, более удачного варианта мне подобрать не удалось. Представленный обзор решает свои главные задачи - очень подробно подчеркивает важность представленных идей, описывает современное состояние и приемы, с помощью которых авторы собираются решать поставленные задачи.

Несмотря на отмеченную выше разносторонность работы, обсуждение результатов представляет собой цельное полотно повествования, все элементы которого логически вытекают друг из друга. Центральной канвой в

данном случае, выступает применение зеленых условий для широкого круга принципиально отличных друг от друга реакций. Сами подходы можно разделить на две группы: использование механохимии и применение ионных жидкостей. Представленные реакции являются достаточно широко применимыми, общими, легко могут быть масштабированы как с точки зрения загрузки реагентов, так и с точки зрения наращивания молекулярного остова, без значительных проблем с хемоселективностью. Превращения, в основе своей, в силу их понятности не требуют обсуждения механизма, однако, есть и исключение: интересная каскадная мультикомпонентная реакция индолов с фенилглиоксалем, аминами и ацетиленами, приводящая к 3-(пиррол-2-ил)индолам – соединениям, интересным с точки зрения медицинской химии с высоким выходом. Таким образом, идеологически работа полностью выполняет поставленные задачи. С методологической точки зрения были использованы все самые современные подходы органической химии, уделено внимание повторному использованию реагентов, приведена тщательная оптимизация условий протекания реакции, что позволяет не только добиться максимального выхода, но и дает важную информацию о механизме реакции, ее особенностях и главное, что часто теряется из виду – оптимизационная таблица позволяет найти альтернативные условия протекания процесса, которые могут подойти значительно в большей степени при развитии превращений на новых объектах.

Заключительная часть работы посвящена исследованию тушения флуоресценции полученных полиядерных гетероциклических соединений в присутствии некоторых взрывчатых веществ на основе нитроароматических соединений, что является визитной карточкой коллектива и может активно приняться в данное тяжелое время.

Основные положения диссертационной работы изложены в 7 рецензируемых научных изданиях, среди которых 3 статьи в журналах, а

также представлены на большом числе международных и всероссийских конференций. Всё вышеперечисленное не оставляет сомнений в **высокой новизне и практической значимости** работы.

Экспериментальная часть содержит набор самых современных инструментов, актуальных для данного исследования, таких как  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  ЯМР, ИК спектроскопия, масс-спектрометрия высокого разрешения, РСА. Качество данных в равной степени с набором использованного инструментария не оставляет сомнений в выводах сделанных в работе.

Вместе с тем, несмотря на общую положительную оценку, к диссертационной работе Мукерджи А. имеются некоторые замечания и вопросы:

- 1) В работе имеются некоторые опечатки, например, стр. 11: «versitle building», стр. 43: «staright-forward», «starting materal», стр. 54: «under the optimaized», стр. 72: «carring out».
- 2) В продолжение: в заглавии экспериментальной части указание «All chemical shifts are given relative to residual signals of solvent» и «Chemical shifts are expressed in parts per million ( $\delta$ ) and are referenced to  $\text{CDCl}_3$  ( $\delta = 77.16$ ) as internal standard» кажутся ненужным повторением, в котором потерян сдвиг для  $^1\text{H}$ .
- 3) Интересным было бы сравнение механохимии и традиционных условий активации, что укрепило бы эффективность методов.
- 4) На мой взгляд, особенность механохимии заключается в создании локального высокого давления и температур. Рассматривали ли вы возможности применения различных пар трения?
- 5) На схеме 2.11 предложен интересный каскад превращений. Ограничивается ли данная реакция индолами? Возможно ли ввести в нее анилины, фенолы, енамины, енгидразины?
- 6) На схеме 2.15 реакция катализируется экстрактом чая. Пробовали ли вы более детально исследовать природу катализатора? Например, танины могут активировать процесс за счет водородных связей, что известно для многих олигосахаридов, например, циклодекстрина.

Следует отметить, что высказанные вопросы и замечания ни коим образом не умоляют достоинств данной диссертационной работы. Таким образом, диссертационная работа Мукерджи А. «Трансформации моно- и дикарбонильных соединений в реакциях с C-, N-, O-нуклеофилами в условиях механоактивации и в ионных жидкостях» представляет собой завершённое целостное исследование, посвящённое решению важной научно-практической задачи, а именно разработке новых, экологически чистых методов синтеза широкого круга органических соединений на основе применения ионных жидкостей или механохимии. Все результаты работы получены диссертантом лично или при его непосредственном участии. Полученные в работе данные являются новыми и, несомненно, представляют научный и практический интерес. По актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости, степени достоверности результатов и обоснованности выводов диссертационная работа Мукерджи Аниндиты полностью отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, в том числе п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, а также соответствует паспорту специальности 1.4.3. Органическая химия, а ее автор - Мукерджи Аниндита - заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.3. Органическая химия.

Официальный оппонент, доцент  
Доктор химических наук по специальности 1.4.3 (02.00.03) – Органическая химия, профессор; заведующий кафедрой органической химии химического факультета ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»

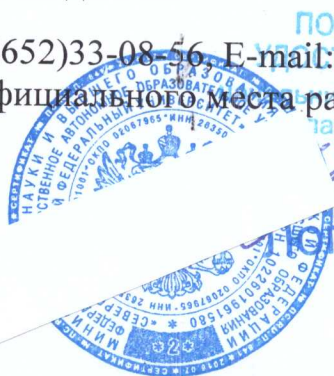
Аксенов Николай Александрович

10.01.2024

Контактные данные:

Тел.: 8(8652)33-08-56. E-mail: [naksenov@ncfu.ru](mailto:naksenov@ncfu.ru)

Адрес официального места работы: 355017, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1



подпись  
Мукерджи А. В.