

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сульман Александрины Михайловны «Гетерогенные биокатализаторы на основе глюкооксидазы, иммобилизованной на магнитоотделяемые мезопористые оксиды», поданной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии)

Уникальные свойства ферментов, способных катализировать химические превращения с высокой степенью субстратной специфичности в мягких условиях, определили их применение в различных технологических процессах. Иммобилизация ферментов в твердые носители является эффективным подходом для получения твердых форм биокатализаторов, обладающих существенными преимуществами по сравнению с нативными молекулами. Использование в качестве носителей магнитных материалов позволит значительно облегчить стадию отделения биокатализатора от продуктов каталитической реакции. В представленной работе основная задача заключалась в разработке магнитоотделяемых мезопористых носителей для иммобилизации глюкооксидазы с целью создания гетерогенного биокатализатора для получения D-глюконовой кислоты, которая широко используется в фарминдустрии и пищевой промышленности. В связи с вышесказанным актуальность проведенного исследования не вызывает сомнений.

Изложенные в автореферате данные доказывают, что Сульман А.М. проведен большой объем исследований. Прежде всего, это подбор условий синтеза мезопористого оксида циркония, подбор условий кристаллизации  $Fe_3O_4$  в порах выбранных носителей, а также условий введения сшивающих агентов и иммобилизации GOx. Для исследования магнитоотделяемых носителей и катализаторов на их основе автором использованы современные физические методы, включая РФЭС, ПЭМ, ИКСДО, РФА и др. Кроме того, проведен скрининг активности и исследование стабильности биокатализаторов в окислении D-глюкозы до D-глюконовой кислоты.

Работа выполнена на высоком профессиональном уровне, а ее результаты имеют большое научное и практическое значение. Соискателем разработаны магнитоотделяемые носители и биокатализаторы на их основе, отличающиеся высокой активностью в широком диапазоне температур и pH. При этом открывается возможность для многократного использования данных катализаторов, поскольку существенно упрощается процесс их отделения от продуктов реакции. Показано, что наилучший катализатор, синтезированный на основе оксида циркония, модифицированного  $Fe_3O_4$ , теряет не более 7% своей активности в ходе 10 циклов испытаний. Полученные результаты по синтезу магнитоотделяемых мезопористых носителей могут быть также использованы при разработке катализаторов для различных процессов.

Вместе с тем по автореферату возникли следующие замечания и вопросы:

1. Данные низкотемпературной адсорбции азота показали, что распределение пор по размерам не изменяется при формировании магнитных наночастиц в  $SiO_2$  и  $Al_2O_3$ . На основании этого соискатель утверждает, что магнитные наночастицы располагаются в стыках пор, блокируя только маленькие поры (стр. 7). Есть ли дополнительное подтверждение формированию магнитных частиц именно в стыках пор, поскольку не вполне понятно, как это связано с распределением пор по размерам? Справедлив ли данный вывод для носителя  $ZrO_2$ ?

2. В тексте автореферата не представлены данные, на основании которых сформулирован вывод 2, посвященный подбору оптимальных параметров *in situ* кристаллизации магнитных наночастиц  $Fe_3O_4$ . Что является критерием выбора этих параметров и оптимальны ли они в случае каждого носителя?

3. Есть ли предположения, чем может быть обусловлено снижение относительной активности гетерогенных биокатализаторов в многоцикловых испытаниях? Исследовались ли свойства катализаторов (помимо истирания) после таких испытаний?

В целом, приведенные замечания носят частный и дискуссионный характер и не влияют на общее положительное впечатление от представленной работы «Гетерогенные биокатализаторы на основе глюкооксидазы, иммобилизованной на магнитоотделяемые мезопористые оксиды». Оценивая объем проведенных исследований, их значимость, достоверность полученных результатов, можно сделать вывод, что работа, безусловно, представляет собой законченное научное исследование и соответствует всем требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор Сульман Александрина Михайловна заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии).

Руководитель Инжинирингового  
центра ИК СО РАН, д.х.н.

Яковлев Вадим Анатольевич

Научный сотрудник Инжинирингового  
центра ИК СО РАН, к.х.н.

Гуляева Юлия Константиновна

Подписи д.х.н. Яковлева В.А. и к.х.н.  
Гуляевой Ю.К. заверяю:  
Ученый секретарь ИК СО РАН, к.х.н.



Казakov Максим Олегович

03.03.2021 г.

**Яковлев Вадим Анатольевич**

Руководитель Инжинирингового центра  
ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского  
отделения Российской академии наук» (ИК СО РАН)  
630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, д. 5  
Тел.: +7 (383) 32-69-650,  
e-mail: yakovlev@catalysis.ru

**Гуляева Юлия Константиновна**

Научный сотрудник Инжинирингового центра  
ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского  
отделения Российской академии наук» (ИК СО РАН)  
630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, д. 5  
Тел.: +7 (383) 32-69-667,  
e-mail: gulyaeva@catalysis.ru