

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Хорольской С.В.  
на тему «Кооперативные взаимодействия  
наночастиц металла (Cu, Ag, Bi, Ni) в ионообменной  
матрице при восстановлении растворенного в воде кислорода»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук  
по специальности 02.00.04 – физическая химия

Металл – полимерные нанокompозиты являются функциональными материалами нового поколения и исследование возможности их использования для глубокого удаления коррозионно активного кислорода из воды в замкнутых системах представляется весьма актуальной задачей. Ранее кинетика и механизм процесса восстановления растворенного в воде кислорода с участием металл-полимерных нанокompозитов еще не был детально изучен и вполне оправдано проведение соответствующего исследования в работе Хорольской С.В., направленной на решение проблемы глубокого обескислороживания воды.

Как и ожидалось, переход от традиционных металл-полимерных композитов к нанокompозитам привел к проявлению у этих материалов новых физико-химических свойств. Как показано в работе Хорольской С.В. имеет значение не только природа и размер частиц металла, но и склонность их к агломерации, которая, в свою очередь, зависит от числа циклов осаждения металла (на примере меди), содержания металла в нанокompозите. Интересным представляется вывод автора исследования об образовании единого по электронной проводимости перколяционного кластера при определенном уровне накопления числа агрегатов в нанокompозите. Одновременно установлена зависимость, имеющая практическое значение, а именно: с порогом образования перколяционного кластера связана смена механизма поглощения кислорода, который при низком содержании меди в нанокompозите обусловлен локальной ионизацией меди до  $\text{Cu}^{2+}$ , а при высоком содержании – с образованием слоев оксидных продуктов ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{CuO}$ ). Смена механизма, происходящая у порога перколяции электронной проводимости нанокompозита, соответствует максимальному поглощению кислорода.

Достоверность результатов исследования обеспечивается использованием при проведении экспериментов современного научного оборудования – просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии, рентгеновского дифрактометра высокого уровня и ряда других приборов и специальных приставок.

Результаты работы хорошо отражены в публикациях в высокорейтинговых журналах, доложены на конференциях, в том числе международного уровня. Практический выход подтверждается актом о внедрении более эффективного метода обескислороживания воды.

По автореферату диссертации Хорольской С.В. имеются отдельные вопросы и замечание.

1. Показано, что в ряду  $Ag < Bi < Ni < Cu$  происходит увеличение скорости реакции единичного зерна нанокompозита с растворенным в воде кислородом и возрастание степени редокс-сорбции кислорода на зернистом слое. Связаны ли эти зависимости с природой металлов на макроуровне, или со свойствами их наночастиц?

2. При обсуждении результатов экспериментов в динамических условиях автор руководствуется представлениями об образовании бесконечного кластера и появлении кооперативных взаимодействий по всему объему нанокompозита. Зависит ли проявление этих эффектов от размера, склонности к агломерации и других свойств наночастиц, а также характера их распределения в полимерной матрице?

3. Насколько переход от кинетического и смешанного режимов процесса к внутридиффузионному можно рассматривать без учета степени исчерпания емкости зерен металла при поглощении кислорода (стр. 9)?

4. В автореферате приведены динамические выходные кривые редокс-сорбции кислорода только при одном значении скорости потока воды (рис. 3) и не отмечено, являются ли приведенные параметры оптимальными.

Считаю необходимым отметить, что вопросы по автореферату не ставят под сомнение результаты проведенного исследования и порождены интересом к материалам нового поколения. В целом работа Хорольской С.В. представляется как своевременное, хорошо выполненное, законченное исследование. Поставленные задачи решены, цель достигнута. Работа соответствует паспорту специальности 02.00.04 – физическая химия.

Сказанное позволяет заключить, что выполненная работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 02.00.04 – физическая химия, а ее автор С.В. Хорольская заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата химических наук.

Профессор кафедры химии  
и биотехнологии Пермского  
национального исследовательского  
политехнического университета,  
доктор химических наук



*sent* В.В. Вольхин

26.05.2014

Почтовый адрес: 614000, г. Пермь, Комсомольский пр., 29а  
E-mail: vvv@purec.pstu.ac.ru, тел.: +7 (342) 2-391-511