

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Связова Сергея Владимировича «Развитие методов ядерной спиновой гиперполяризации на основе параводорода: от получения контрастных агентов до обогащения ядерных спиновых изомеров этилена», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.3.17 – «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества»

Представленная работа посвящена развитию практических аспектов методов ядерной спиновой гиперполяризации и их диагностических приложений в смежных областях. Хотя возможность кратно усилить сигнал ЯМР путем создания неравновесного распределения по проекциям ядерных спинов очень важна для повышения чувствительности методов ЯМР, со временем наступает все более глубокое понимание более тонких возможностей, предоставляемых самим фактом появления гиперполяризации. Для используемой в работе ИППЯ это означает протекание каталитической реакции присоединения водорода вполне определенным образом (парное, возможно стереоселективное, присоединение), появление относительно долгоживающих молекул-зондов, дающих очень характерные и интенсивные спектры ЯМР и при этом в остальном совершенно нормальных, не чужеродных системе, как спиновые и флюоресцентные метки, и потому никак ее не возмущающих, возможность пронести ядерную гиперполяризацию через цепочку химических превращений, подобно радиоизотопной метке. Пока непонятно, позволит ли гиперполяризованный ЯМР создавать катализаторы атомарной точности или вести медицинскую диагностику клеточного разрешения, но уже достигнутые результаты, очень красивые, интересны и полезны. Своевременность и востребованность предпринятого в диссертации исследования не вызывают сомнений. Коллектив, в котором работает автор, является одним из признанных и активно работающих мировых лидеров в области гиперполяризованного ЯМР, так что корректность выбранных для проводимого исследования методов и подходов не вызывает сомнений.

В работе проведен значительный объем экспериментальных исследований и предложена убедительная интерпретация их результатов. Новые интересные результаты получены по всем ключевым этапам практического гиперполяризованного ЯМР: тонкостям собственно каталитической реакции присоединения водорода (сравнение эффективности парного присоединения для катализаторов с разным распределением металлического компонента), внутренней спиновой динамики в поляризованной по ядрам молекуле (интерконверсия ЯСИ этилена), химической конверсии первичного поляризованного продукта в более удобный/нужный для практики вторичный продукт (бромирование этилена, гидролиз ацетоацетата). Можно особо отметить полученные уровни поляризации порядка процентов с рекордными (на момент публикации) временами жизни поляризации гетероядер в ряде потенциально перспективных молекул-зондов, демонстрацию выживания исходно индуцированной поляризации в нескольких последовательных химических превращениях, возможности восстановить исходную стереохимию присоединения водорода с получением «молчащего» симметричного продукта по результатам его химической конверсии в более удобную для наблюдения молекулу (на примере цепочки ацетилен → этилен → бромэтанол).

Автор вполне продемонстрировал свою квалификацию во всех ключевых аспектах современного физико-химического исследования. Работа логично поставлена и выполнена, хорошо опубликована и апробирована, автореферат дает исчерпывающее представление о проведенном исследовании и соответствии работы всем требованиям к диссертациям. После изучения автореферата у меня появились следующие уточняющие вопросы:

