

ОТЗЫВ

официального оппонента Пигульского Сергея Викторовича
(в.н.с. отдела лазерной спектроскопии ИСАН)
на кандидатскую диссертацию **Артюхова Алексея Александровича**
«Методы конверсии изотопно-модифицированных оксидов
углерода в химические формы для практического применения»,
представленную на соискание ученой степени кандидата химических
наук по специальности 02.00.01 – Неорганическая химия

Рецензируемая диссертационная работа посвящена разработке методов конверсии изотопно-модифицированных соединений углерода и кислорода в химические формы для дальнейшего использования в различных исследованиях с применением этих изотопов (^{12}C , ^{13}C , ^{17}O , ^{18}O). Актуальность данной работы обусловлена интенсивным развитием научно-исследовательских работ и направлений с применением изотопов биогенных элементов.

Диссертация Артюхова А.А. изложена на 109 страницах и состоит из введения, шести разделов (включая обзор литературы), заключения и списка цитируемой литературы (162 источника).

Первый раздел диссертации представляет собой обзор литературы, в котором рассмотрены и проанализированы существующие в настоящее время области применения изотопов углерода и кислорода.

Второй раздел посвящен разработке процесса конверсии изотопно-модифицированного диоксида углерода в монооксид углерода. В разделе кратко изложены и проанализированы существующие методы решения этой задачи. На основании проведенного анализа разработан оригинальный подход к решению этой проблемы, суть которого заключается в проведении гомогенной реакции паров цинка с диоксидом углерода в газовой фазе. Автор разработал химико-технологический процесс конверсии диоксида углерода, им была создана укрупненная лабораторная установка, на которой синтезировано 30 кг монооксида углерода требуемой химической чистоты

(не менее 99,98%) без изменения изотопного состава для дальнейшего обогащения по изотопу ^{13}C методом низкотемпературной ректификации CO.

В третьем разделе представлена конверсия оксидов углерода, модифицированных по изотопам кислорода. Разработанные методики позволяют выделять дорогостоящие изотопы кислорода из оксидов углерода, прошедших стадию обогащения одним из методов разделения изотопов. Синтезирована вода, из которой в дальнейшем по реакции с дифторидом ксенона выделен молекулярный кислород, обогащенный по изотопам ^{17}O и ^{18}O . Достоинством созданной методики является возможность работы с малыми количествами исходных веществ с минимальными потерями и с сохранением изотопного состава.

Четвертый раздел посвящен разработке метода получения высокочистого изотопно-обогащенного метана из монооксида углерода и описанию технологического процесса на созданном комплексе установок. Нарботаны партии высокочистого метана $^{13}\text{CH}_4$ – 135 г, $^{12}\text{CH}_4$ – 2700 г (чистота 99,999%), который использовался для синтеза моноизотопных CVD-алмазов.

Пятый раздел посвящен применению изотопного маркера ^{13}C для оценки баланса углерода в экосистемах бореальных лесов. Проведен большой объем экспериментальных работ, как в лабораторных, так и полевых условиях. Результаты экспериментов легли в основу модели оценки продуктивности лесных экосистем, что может представлять практическую ценность при проведении лесохозяйственных мероприятий.

В шестом разделе представлен метод выявления фальсификатов ряда пищевых продуктов на основе измерения изотопного отношения $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$. Этот метод может представлять практический интерес для выявления несоответствия этикеточных данных реальным, т.к. относительно прост и доступен.

К наиболее значимыми результатами, полученными в диссертационной работе можно отнести создание технологий переработки изотопно-обогащенных оксидов углерода. Автором были разработаны методы конверсии изотопно-модифицированных диоксида углерода в монооксид, монооксида углерода в метан, созданы методики выделения изотопов кислорода из оксидов углерода. Особо следует отметить, что разработанные процессы легли в основу созданных укрупненных лабораторных установок, на которых переработано значительное количество оксидов углерода для дальнейших применений. С помощью полученного изотопно-обогащенного метана были синтезированы образцы моноизотопных CVD-алмазов.

Новым подходом к исследованиям углеродного баланса лесных экосистем является использование изотопного маркера ^{13}C . Данная работа, проведенная автором совместно с Институтом леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (г. Красноярск), показала возможность и доступность использования маркера ^{13}C для оценки продуктивности лесов.

Таким образом, полученные в диссертации результаты отражают высокую практическую значимость работы.

Достоверность изложенных результатов подтверждается использованием общепризнанных методов измерений – масс-спектрометрия, газовая хроматография, ИК-спектрометрия, элементный анализ. Достоверность полученных результатов подтверждается также использованием синтезируемых соединений в различных научно-исследовательских работах и технологических процессах.

Необходимо сделать следующие замечания:

1. Некоторые из разработанных автором технологических процессов и устройств (например, реактор для проведения процесса восстановления изотопно-модифицированного CO_2 в СО парами цинка в газовой фазе) могли бы быть запатентованы.

2. В разделе 3 в таблице 7 не объяснена причина резкого снижения выхода по воде в случае проведения длительного эксперимента. Также недостаточно подробно описан процесс выделения кислорода (^{17}O и ^{18}O) из воды.

3. Не проведен технико-экономический анализ разработанных автором технологических процессов (затраты материалов, энергоресурсов и т.д. на производство продукта). Это затрудняет их сравнение с аналогами.

4. В тексте диссертации присутствуют опечатки.

Указанные недостатки не снижают значимость представленной работы. Автореферат диссертации в полной мере соответствует ее содержанию. Основные результаты диссертации опубликованы в российских и международных изданиях. Работа проведена на высоком научном уровне.

По актуальности темы, научной новизне и практической значимости полученных результатов, по обоснованности и достоверности научных положений, считаю, что диссертационная работа Артюхова Алексея Александровича «Методы конверсии изотопно-модифицированных оксидов углерода в химические формы для практического применения» удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения искомой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.01 «Неорганическая химия».

Ведущий научный сотрудник Института спектроскопии РАН,
доктор технических наук

С.В. Пигульский

108840, Москва, Троцк, ул. Физическая, 5, ИСАН
тел. (495) 851-0231, e-mail: pigulsky@isan.troitsk.ru

Подпись в.н.с. ИСАН, д.т.н. **С.В. Пигульского** заверяю.

Ученый секретарь ИСАН,
к.ф.-м.н.

Е.Б. Перминов

