

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО



ВНИИИМ
имени А.А.Бочвара

«ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ИМЕНИ
АКАДЕМИКА А.А. БОЧВАРА» (ОАО «ВНИИИМ»)

123060, Москва, а/я 369, ОАО «ВНИИИМ»; Телеграф: 123060, Москва, «ПЕРЕКАТ»; Телетайп: 111674, Москва, «ДИВО»; Телефон: 8 (499) 190-4994.
Факс: 8 (499) 196-4168, 8 (495) 742-5721. <http://www.bochvar.ru>. E-mail: post@bochvar.ru
ОКПО 07625329, ОГРН 5087746697198, ИНН/КПП 7734598490/773401001

Приложение к № 26/00-14/2014 от 28.04.2014

На исх. № 04/2086 от 28.04.2014

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор
ОАО «ВНИИИМ»,
доктор технических наук

В.Б. Иванов

26 2014 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Зо Йе Наинга «Разделение изотопов азота методом химобмена с термическим обращением потоков», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 02.00.04 «Физическая химия».

Диссертационная работа Зо Йе Наинга «Разделение изотопов азота методом химобмена с термическим обращением потоков» посвящена исследованию новых рабочих систем для реализации процесса разделения изотопов азота методом химического обмена с безреагентным термическим обращением потоков.

Как известно, задача получения концентрированных стабильных изотопов азота (^{14}N и ^{15}N) решается выделением их из смеси природного изотопного состава различными методами разделения изотопных смесей, среди которых предпочтение отдается методам, основанным на равновесных эффектах в двухфазных системах. Выбор рабочей системы обуславливается рядом факторов, среди которых наибольшее значение имеют необходимая изотопная чистота и себестоимость получаемого

продукта, а также требуемый масштаб производства. Уровень мирового производства наиболее востребованного нуклида – тяжелого изотопа азота ^{15}N оценивается величиной порядка (20 – 50) кг/год, основное потребление его сосредоточено в медицине, фармакологии, агрохимии и других областях науки. Повышенный интерес к нуклиду ^{15}N возникает в связи с перспективами развития отечественной быстрой атомной энергетики. В ближайшие десятилетия основными реакторами ядерной энергетики могут стать быстрые реакторы типа БН или БРЕСТ со смешанным нитридным топливом на основе высококонцентрированного изотопа ^{15}N . Использование последнего позволяет избежать неприемлемых экологических рисков, связанных с наработкой высокорadioтоксичного нуклида ^{14}C на нитридном топливе с азотом природного изотопного состава, а также улучшает нейтронный баланс реактора. При строительстве серии подобных реакторов потребность в изотопе ^{15}N может превысить уровень ~ 1000 кг/год, что ставит проблему промышленного производства изотопа ^{15}N в масштабах, ранее никогда не реализовывавшихся в мировой практике. Традиционные методы разделения изотопов азота – химобменный азотнокислотный метод или низкотемпературная ректификация оксида азота (II), по-видимому, не смогут решить эту проблему из-за технологических и/или экономических ограничений. Таким образом, задача исследования новых способов разделения изотопов азота методом химического обмена представляется востребованной и высокозначимой, что и определяет **актуальность** представленной диссертационной работы.

В рамках работы были исследованы общие закономерности образования молекулярных комплексных соединений азота: аммиака и метиламина с различными органическими комплексообразователями, получены данные по фазовому и изотопному равновесию в двухфазных системах на основе молекулярных комплексов, исследован процесс термической диссоциации комплексов и показана возможность изотопного обогащения с использованием одной из исследованных систем. Структура работы характеризуется четкой, логически непротиворечивой последовательностью, содержание автореферата полностью соответствует тексту диссертации.

Научная новизна работы заключается в том, что в работе **впервые:**

1. Получены детальные данные по фазовому равновесию в системах на основе аммиака, метиламина и органических комплексообразователей различной природы: алифатических и ароматических спиртов, эфиров неорганических кислот, ароматических углеводов и их производных.
2. Исследован процесс термической диссоциации молекулярных комплексов аммиака с пентанолом-1 и определены значения остаточной концентрации аммиачного азота в комплексообразователе
3. Экспериментально измерены значения коэффициента разделения изотопов азота в системе на основе молекулярного комплекса аммиака с пентанолом-1 и подтверждена возможность умножения однократного эффекта разделения в условиях термического обращения потоков.

Практически значимыми результатами работы являются:

1. Определение границ существования двухфазных систем на основе молекулярных комплексов аммиака и метиламина с различными органическими соединениями;
2. Измерение ряда физических величин – плотности, динамической вязкости жидкой фазы, – для указанных выше систем;
3. Экспериментальное определение полноты обращения потоков в системе на основе молекулярного комплекса аммиака с пентанолом-1 и разработка методики контроля остаточной концентрации аммиака в комплексообразователе, пригодной для реализации в т.ч. в условиях заводской лаборатории;
4. Экспериментальная демонстрация возможности изотопного обогащения по ^{15}N для системы на основе молекулярного комплекса аммиака с пентанолом-1.

Результаты данной работы могут быть использованы при проектировании установок для разделения изотопов азота с использованием предложенной системы на основе аммиака и пентанола-1, а результаты исследований, посвященных закономерностям образования молекулярных комплексов и их свойствам – при дальней-

ших работах как в области химии молекулярных комплексов соединений азота (-3), так и с целью практического использования этих комплексов.

Проведенная диссертантом работа имеет наибольшие перспективы **практического применения** на предприятиях химической промышленности, осуществляющих крупнотоннажное производство аммиака, при организации процесса выделения изотопа ^{15}N по транзитной схеме: ОАО «Тольяттиазот», ОАО "НАК Азот", ОАО «ОХК Уралхим», ОАО «Акрон», ОАО «Фосагро-Череповец» и др. Считаю целесообразным продолжить исследования с целью создания опытно-промышленных разделительных установок.

В качестве **недостатков работы** следует отметить следующее:

1. В материалах автореферата и диссертации, посвященных исследованию общих закономерностей образования молекулярных комплексов соединений азота, нет сведений об исследованиях, позволяющих установить структуру и состав образующихся молекулярных комплексов экспериментальным либо расчетным путем. Выполнение комплекса подобных исследований с использованием современных методов (ЯМР и ПМР, ИК+КР спектроскопия, рентгеноструктурный анализ и др.) могло бы существенно дополнить научную новизну работы и послужить основой для дальнейших исследований по целенаправленному молекулярному дизайну хим-обменных систем;

2. Данные по фазовому равновесию в системах на основе метиламина показывают, что практически для всех исследованных комплексообразователей характерна большая сорбционная емкость, чем в аналогичных системах на основе аммиака. В то же время все системы на основе метиламина исключаются автором из дальнейшего рассмотрения на основании превышения энтальпии образования комплексов с метиламином над аналогичной величиной для комплексов с аммиаком и большей токсичности метиламина по сравнению с аммиаком, что, по моему мнению, выглядит недостаточно обоснованным и требует хотя бы кратких расчетных обоснований.

3. При определении энтальпии образования молекулярных комплексов было использовано уравнение изобары Вант-Гоффа (формула 2.16 на стр. 112). Расче-

ты по уравнению изобары с использованием в качестве первичных данных значений мольного отношения будут корректными только в том случае, если предположить, что в результате реакции образуется одно соединение с известной а priori стехиометрией, в то время как в исследуемых системах может иметь место одновременное образование молекулярных комплексов с различной стехиометрией. Далее при расчетах по умолчанию принято стехиометрическое отношение азотсодержащее соединение: комплексообразователь = 1:1 (см. реакцию 2.19 там же), а константа равновесия заменяется величиной $\frac{r}{1-r}$, где r – мольное отношение. Такая замена для комплексов с иным стехиометрическим отношением – например 1:2, – может быть некорректной и привести к ошибкам в определении величины энтальпии образования комплексов;

4. Определение нижних температурных границ существования двухфазных систем было бы целесообразным сопроводить построением классических диаграмм «состав – свойство», что повышает наглядность и облегчает восприятие материала.

5. Пункты 2 и 3 «Выводов» находят отражение только в тексте диссертации, но не автореферата. В автореферате не приведены данные по температурам плавления комплексных соединений, на которые эти пункты ссылаются.

Указанные недостатки не снижают общего положительного впечатления от работы. Диссертация в целом производит впечатление законченного научного исследования, результаты которого имеют как теоретическое, так и прикладное значение. Содержание работы соответствует п. 11 «Физико-химические основы процессов химической технологии» паспорта специальности 02.00.04 – Физическая химия. Первичные экспериментальные данные получены с использованием современного оборудования (масс-спектрометры Delta^{plus}, аналитические электронные весы Ohaus A210, цифровой денситометр DDM 2910, спектрометр JBC Cintra 303 и др.) с высокой степенью автоматизации, достоверность этих данных не вызывает сомнения. Диссертация написана грамотным научно-техническим русским языком и оформлена с применением современных программных средств. Авторский стиль изложения материала отличается достаточной лаконичностью и внутренней непротиворечивостью, умением акцентировать внимание читателя на наиболее существенных момен-

тах описываемого явления. Основные результаты диссертационной работы с достаточной полнотой опубликованы в открытой печати, в том числе в двух статьях в журнале, включенном в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук». Результаты работы докладывались на профильных всероссийских и международных конференциях.

Диссертация Зо Йе Наинга «Разделение изотопов азота методом химобмена с термическим обращением потоков» представляет собой научно-квалификационную работу, по актуальности, научной новизне, достоверности и практической значимости результатов соответствующую требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор – Зо Йе Наинг – достоин присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 02.00.04 – Физическая химия.

Отзыв на диссертацию заслушан и одобрен 29.05. 2014 г. на заседании научно-технического совета Научно-исследовательского отделения разработки технологии и оборудования специальных неядерных материалов и изотопной продукции ОАО «ВНИИНМ» (отд.230), Протокол № 4/2014.

Старший научный сотрудник, к.т.н.

Лизунов А.В.

Председатель НТС отделения 230,

Главный эксперт, к.х.н.

Семенов А.А.

Ученый секретарь НТС отделения 230,
инженер 2 категории

Аникин А.С.