

ослаблением интенсивности  $\gamma$ -пучка при прохождении через цементное кольцо, а также «различия рабочего объема» от детекторов запаздывающих нейтронов. Для осуществления измерений скважина периодически заполнялась водой и нефтью, когда цементное кольцо было надето на обсадную колонну скважины. О влиянии цементного кольца можно судить по отношению выходов запаздывающих нейтронов, измеренных с цементным кольцом и без него. Отношение выходов запаздывающих нейтронов против воды и нефти при использовании «цементных колец» равно 1,73, без «цементных колец» — 6,33. Величину 1,73 можно считать, если повысить энергию и интенсивность запаздывающих  $\gamma$ -квантов.

Измерения по отбивке ВНК проведены с использованием  $\gamma$ -квантов максимальной энергией тормозного спектра 23,5 Мэв. Для каждой точки набрано  $10^4$  импульсов из семи — десяти серий измерений. Полученные отношения выходов запаздывающих нейтронов из водоносного  $Q_{вн.п}$  и нефтеносного  $Q_{нн.п}$  пластов в зависимости от расстояния между контактом и центром скважины приведены ниже:

$Q_{вн.п} / Q_{нн.п}$	Расстояние от контакта, см	$Q_{вн.п} / Q_{нн.п}$	Расстояние от контакта, см
1,27	40	1,24	20
1,30	30	1,17	10

Как видно из приведенных данных, предлагаемый метод позволяет разделять водоносный и нефтеносный пласты в обсаженных скважинах с пресными или солоноватоминерализованными пластовыми водами. Следует отметить, что метод имеет ограничение, связанное с наличием в пластовой воде значительных количеств солей или других нейтронопоглощающих элементов.

Для проверки краевых эффектов определялась эффективность детекторов вдоль оси скважины. Оказалось, что она меняется незначительно, поэтому нет необходимости вводить какие-либо поправки (максимальное отклонение от среднего значения составляет 2%).

Были измерены также выходы запаздывающих нейтронов из водоносного и нефтеносного пластов в зависимости от энергии  $\gamma$ -квантов. Результаты измерений приведены на рисунке. Кривые соответствуют усредненным данным шести серий измерений по четырем — семи значениям в каждой серии (для каждой точки набрано  $\sim 10^3$  импульсов в области высоких энергий).

Как видно из рисунка (кривые 1, 2), с увеличением энергии общий выход запаздывающих нейтронов из пластов растет, следовательно, повышается статистическая точность получаемых результатов. Для выяснения, увеличивается ли при этом глубинность исследования с энергией, необходимо провести дополнительные исследования с расширением диапазона изменения энергии  $\gamma$ -излучений.

На рисунке показано и отношение выходов запаздывающих нейтронов против водоносного и нефтеносного пластов. Из этих данных следует, что разница в выходах запаздывающих нейтронов в области 20,7 — 24,5 Мэв составляет примерно 25% и почти не меняется, следовательно, отношение выходов находится в прямой зависимости от пористости и коэффициента нефтенасыщенности.

Предварительные сведения о глубине исследований рассматриваемым методом получены при измерениях с образцом, обогащенным изотопом  $O^{18}$  (обогащение 50%, вес 45 г). Образец помещали в отсеке с водой на различных расстояниях от обсадной трубы. Установлено, что радиус зоны исследования составляет примерно 45 см при энергии  $\gamma$ -квантов 21,5 Мэв.

В заключение авторы выражают благодарность сотрудникам кафедры ядерной физики Ужгородского государственного университета за оказанную помощь при выполнении данного эксперимента, а также сотрудникам ВНИИЯГГ (Москва) за консультации и постоянный интерес к работе.

Поступило в Редакцию 16/II 1971 г.  
В окончательной редакции 9/VIII 1971 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. М. Дорош и др. «Атомная энергия», 21, 35 (1966).
2. А. К. Берзин и др. Авторское свидетельство № 174284 от 9/XII 1963 г.

Разделение жидких смесей термодиффузией в электрическом поле

В. В. КУЧИНОВ, Б. И. НИКОЛАЕВ, А. А. ТУБИН

УДК 621.039.3

Известно, что термодиффузионный метод разделения имеет существенные преимущества при получении жидких смесей с высоким содержанием изотопов в электрическом поле [1]. Особый интерес вызывает вопрос о возможности применения термодиффузии для разделения ионов и молекулярных смесей в жидкой среде. Величина термодиффузионной постоянной в этом случае по крайней мере на порядок превышает соответствующую газовую константу [2]. Однако при использовании термодиффузии не достигаются теоретически возможные коэффициенты разделения из-за возникновения паразитных течений в разделительной колонне

паразитных перемешивающих течений. Влияние паразитных течений особенно велико в жидкостных колоннах из-за сложности поддержания постоянства рабочего зазора в таких колоннах (десятие доли миллиметра) на большой длине. Использование различных способов подавления паразитных течений (вращение одного из цилиндров колонны, применение пористых насадок, перфорированных перегородок, различных шайб и выточек и т. д.) приводит наряду с интенсификацией процесса разделения к усложнению конструкции колонны.



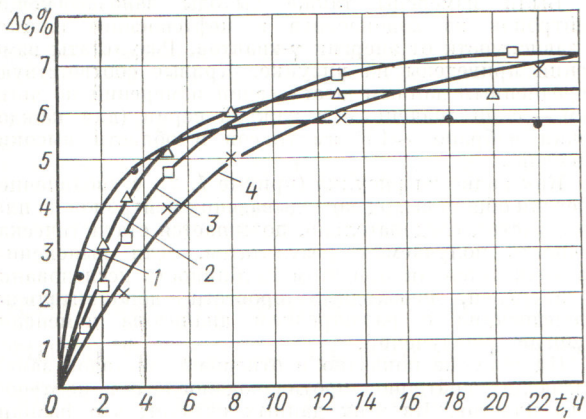


Рис. 1. Временные зависимости разности концентраций на длине колонны при различных напряженностях электрического поля:

1 —  $E = 0$ ; 2 —  $E = 15$  кВ/см; 3 —  $E = 30$  кВ/см; 4 —  $E = 45$  кВ/см.

Настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию влияния постоянного электрического поля (как возможного фактора интенсификации) на процесс разделения жидких смесей в термодиффузионных колоннах. С этой целью была изготовлена цилиндрическая колонна высотой 150 мм, имеющая зазор  $0,665 \pm 0,005$  мм, средний диаметр поперечного сечения рабочего зазора 20,705 мм. На концах колонны были расположены резервуары объемом 26,7 см<sup>3</sup>. Внутренний цилиндр колонны охлаждался термостатируемой водой, внешний цилиндр обогревался электронагревателем. Подробно конструкция колонны и методика измерений описаны в работе [3]. Для создания постоянного электрического поля в рабочем зазоре колонны внутренний и внешний цилиндры соединялись с источником высоковольтного напряжения. Объектом исследова-

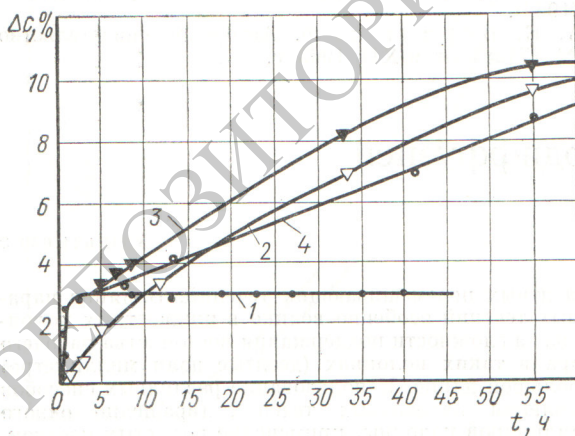


Рис. 2. Временные зависимости разности концентраций на длине модифицированной колонны при различных напряженностях электрического поля:

1 —  $E = 0$ ; 2 —  $E = 25$  кВ/см; 3 —  $E = 25$  кВ/см; 4 —  $E = 37,5$  кВ/см (поле налагается при  $t = 4$  ч).

дования были эквивалентные смеси неполярных органических жидкостей: нормальный гептан-бензол и нормальный гексан-циклогексан.

На рис. 1 представлены временные зависимости степени разделения смеси нормальный гептан-бензол при различных напряженностях электрического поля в рабочем зазоре; здесь  $\Delta c$  — разность концентрации на длине колонны (эксперименты проводились при средней температуре  $\bar{T} = 10^\circ \text{C}$  и при разности температур между стенками  $\Delta T = 8^\circ \text{C}$ ). Как видно из рисунка наложение электрического поля приводит к увеличению как эффекта разделения смеси в колонне, так и времени установления равновесного состояния. Так например, равновесный перепад концентрации по длине колонны ( $\Delta c_{\text{рав}}$ ) увеличивается более чем на 20% при  $E = 45$  кВ/см по сравнению со случаем без поля.

Аналогичные зависимости были получены и при разделении смеси нормальный гексан—циклогексан.

Эксперименты показали, что изменение направления электрического поля на противоположное не влияет на величину равновесного перепада концентрации и время установления равновесного состояния. Последний факт говорит о четкой зависимости эффекта разделения от напряженности электрического поля.

Исследования показали, что в термодиффузионной колонне с электрообогревом существуют заметные паразитные потоки, так как с увеличением перепада температуры на рабочем зазоре колонны наблюдалось возрастание  $\Delta c_{\text{рав}}$  на уровне 0,05% на  $1^\circ \text{C}$  [4]. Для уменьшения влияния паразитной конвекции на процесс разделения в присутствии электрического поля термодиффузионная колонна была модифицирована: обогрев внешнего цилиндра колонны также осуществлялся водой, подаваемой из термостата. В модифицированной колонне с увеличением  $\Delta T$   $\Delta c_{\text{рав}}$  нарастало уже на уровне 0,01% на  $1^\circ \text{C}$ . Как следствие уменьшения паразитных потоков в колонне возрастает время релаксации процесса ( $\tau$ ), достигая величины  $\tau = 5,85$  ч против  $\tau = 2$  ч в колонне с электрообогревом.

Для уменьшения времени установления равновесного состояния в модифицированной колонне был увеличен рабочий зазор, который составил  $(0,800 \pm 0,005)$  мм. Исследования на этой колонне проводились со смесью нормальный гептан-бензол при  $\Delta T = 20^\circ \text{C}$  и  $\bar{T} = 27^\circ \text{C}$ . Временные зависимости  $\Delta c = \Delta c(t)$  для различных значений напряженности электрического поля приведены на рис. 2.

Как видно из этого рисунка, в модифицированной термодиффузионной колонне при отсутствии электрического поля достигается меньшая величина равновесного эффекта разделения за более короткий промежуток времени. Наложение электрического поля приводит как и в первом случае, к увеличению времени установления.

Как показали эксперименты, изменение эффекта разделения при наложении электрического поля напряженностью до 20 кВ/см лежит в пределах ошибки измерения. Дальнейшее увеличение напряженности электрического поля приводит к значительному увеличению степени разделения.

С целью сокращения длительности переходного периода процесс проводился в следующей последовательности. Сначала разделение осуществлялось при отсутствии электрического поля до наступления равновесного состояния, для чего требовалось 2 ч, после этого в колонне создавалось электрическое поле. Как видно из рис. 2, такая методика эксперимента позволяла экономить ~6 ч при напряженности поля



25 кв/см, ~20 ч при  $E = 37,5$  кв/см и около 2 суток при  $E = 50$  кв/см. Измененная методика проведения процесса разделения позволила практически достигнуть равновесного состояния при  $E = 25$  кв/см. В этом случае изменение электрического поля приводит к увеличению эффекта разделения в равновесном состоянии примерно в 1,2 раза. Равновесное состояние при  $E = 37,5$  кв/см достигнуто не было, но общий характер временных зависимостей показывает дальнейший рост  $\Delta c_{\text{рав}}$  с увеличением напряженности электрического поля.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что использование электрического поля в термодиффузионной колонне приводит к подавлению парных потоков. Однако несомненно, что наряду с отрицательным на процесс разделения неполярных

смесей в термодиффузионной колонне влияют и другие явления (электроконвекция, изменение коэффициентов переноса и т. д.).

Поступило в Редакцию 16/VI 1971 г.

### ЛИТЕРАТУРА

1. R. Schwind. Chem. Proc. Eng., 50, 75 (1969).
2. К. Александр. «Успехи физ. наук», 76, 741 (1962).
3. Б. И. Николаев, А. А. Тубин. «Теор. основы хим. технологии», 4, 432 (1970).
4. Р. Я. Гуревич, Г. Д. Рабинович. Инж.-физ. ж., 19, 809 (1970).

## Разделение изотопов азота и водорода при фотодиссоциации аммиака

В. У. УТИРОВ, Г. М. ПАНЧЕНКОВ, В. К. КОРОВКИН, Ю. Г. БАСОВ

УДК 621.039.335

Физикохимический метод разделения изотопов представляет большой интерес благодаря возможности выделения в разделительной ячейке значительного количества. Это может произойти при условии, если реакционный сосуд облучать монохроматическим светом, возбуждающим молекулы с одним изотопом данного элемента, которые затем реагируют с каким-либо веществом, в то время как молекулы, содержащие остальные изотопы данного элемента, с этим веществом не взаимодействуют. Чтобы обеспечить такую схему разделения, необходимо иметь селективный источник излучения. Поскольку с точки зрения светотехники эта задача представляет значительные технические трудности, то для разделения изотопов азота и водорода при фотодиссоциации  $\text{NH}_3$  была использована ртутная лампа ПРК-2, имеющая в интересующем нас участке спектра сильной спектр излучения. В этом случае можно достигнуть значительных разделительных эффектов по сравнению даже с электрогазовыми процессами, осуществляемыми высокими коэффициентами разделения изотопов (КРИ) [1]. Это возможно в том случае, если схема, характеризующая энергетический спектр излучения источника, будет иметь в области энергий возбуждения изотопов крутой вид [2].

Фотодиссоциация аммиака проводилась на циркуляционной установке из молибденового стекла, принципиальная схема которой применительно к опытам по фотодиссоциации озона описана в работе [3]. Перед началом опыта включался термостат, а система откачивалась до давления  $10^{-2}$  торр. После перекрытия вакуумного насоса напускался очищенный аммиак. Затем включался циркуляционный насос, и после установившегося перемешивания зажигалась лампа ПРК-2. По окончании опыта измерялось увеличение давления в системе за счет диссоциации аммиака (при постоянной температуре стенок реактора во время проведения опыта). За кинетикой разложения аммиака следовало изменению давления в системе. Кинетические данные процесса проводилось при температурах стенок реактора от  $-20$  до  $30^\circ\text{C}$  и давлениях  $18-400$  торр.

На рис. 1 представлена зависимость степени разложения аммиака от времени циркуляции газа  $\tau$ . Степень разложения  $\text{NH}_3$  при  $\tau = 300$  мин уменьшается с уве-

личением начального давления: от 92,4% при 25 торр до 9,14% при 400 торр. При давлении 600 торр реакция практически не протекала.

Для выяснения характера активации процесса разложения  $\text{NH}_3$  был проведен кинетический анализ [2]. На рис. 2 представлена зависимость константы скорости диссоциации аммиака от давления при температуре стенок реактора  $20^\circ\text{C}$  (экспериментальные результаты). При больших давлениях число столкновений, приводящих к ассоциации молекул  $\text{NH}_3$ , велико и скорость обратной реакции — скорость образования аммиака — намного превышает скорость разложения  $\text{NH}_3$ , как это видно из рис. 2.

Пробы аммиака для масс-спектрометрического изотопного анализа азота отбирались в специальные ампулы, содержащие 2 мл вымороженной 2 н.  $\text{HCl}$ . Для изучения изотопных эффектов, обусловленных наличием водорода, предварительно приготавливались образцы аммиака, обогащенного дейтерием. Для этой цели в откачанную систему в определенных пропорциях напускались очищенные аммиак и обогащенный дейтерием до 12,5 ат. % водород, полученный электролизом

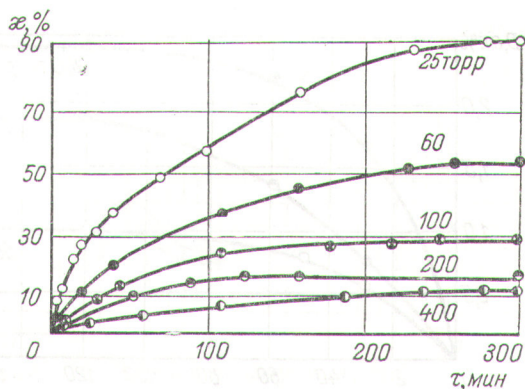


Рис. 1. Зависимость степени разложения аммиака от времени циркуляции: сплошные линии — расчет; точки — эксперимент.