

V Рабочее совещание по стабильным изотопам (V ASTI)

Начиная с 1957 г. Институтом стабильных изотопов в г. Лейпциге (ГДР) раз в два года проводятся рабочие совещания по стабильным изотопам. В конце октября 1967 г. было проведено V Рабочее совещание по стабильным изотопам, в котором приняло участие 320 делегатов из 20 стран мира. Работало несколько секций. Программа Совещания включала проведение заседаний по следующим секциям: 1) биологии, 2) химии (теория изотопных эффектов, термодинамические и кинетические изотопные эффекты), 3) геологии, 4) масс-спектрометрии, 5) немасс-спектрометрических методов анализа стабильных изотопов, 6) разделения стабильных изотопов. В настоящем сообщении сделан краткий обзор докладов по четвертой, пятой, шестой секциям и частично второй секции.

Доклады Г. Диккеля (ФРГ) и К. Цигера (г. Лейпциг) были посвящены математическому описанию процессов разделения изотопов в колонных аппаратах методами термодиффузии и химического обмена с целью нахождения общих выражений для величины потока, линеаризации обычно трудно решаемых уравнений Коэна и расчета распределения концентраций во времени по высоте колонных аппаратов. Выведенные уравнения, по мнению авторов, могут использоваться во всем диапазоне концентраций.

Большой интерес вызвали доклады П. Я. Асатиани (получение изотопа C^{13} методом низкотемпературной дистилляции окиси углерода) и А. Е. Коваленко, Я. Д. Зельвенского (разделение изотопов кислорода ректификацией молекулярного кислорода), отразившие возрастающий интерес к низкотемпературным методам разделения вообще и ректификации в частности.

Проблема разделения изотопов бора была затронута в докладах С. Г. Катальникова с сотрудниками (три доклада) и Р. Накане (Япония). В этих докладах освещались основные предпосылки использования для разделения изотопов бора комплексных соединений BF_3 с анизолом, фенетолом, тетрагидропираном и смесью толуол — C_2H_5F . Основные тенденции в разделении изотопов бора сводятся к использованию химических методов разделения как наиболее эффективных и, с другой стороны, к повышению производительности действующих установок по ректификации BF_3 и химобменной ректификации $(CH_3)_2O \cdot BF_3$ за счет повышения давления.

В докладах Дж. Бигелайзена, Д. А. Князева и А. М. Розена рассматривались теоретические основы изотопных эффектов и некоторые закономерности разделения изотопов химическим обменом. Д. А. Князев указал на возможность применения химического обмена для разделения изотопов средних и тяжелых элементов и на наиболее перспективные химические системы. Х. Какихара (Япония) представил результаты расчетов отношений приведенных сумм по состояниям для изотопных пар различных химических соединений: Li, B, N, C, O, Cu, Ti, Se, Pd, Sb, Sn, Pt и U. Степень соответствия расчетных величин α экспериментально определенным величинам была показана им в другом докладе, посвященном разделению изотопов Li, K, Cu и U методом электромиграции на ионообменных мембранных. Экспериментально определенные значения α равны соответственно: $Li^{16} - Li^{17} = 1,01$, $K^{39} - K^{41} = 1,003$, $Cu^{63} - Cu^{65} = 1,0002$ и $U^{235} - U^{238} = 1,00006$.

Доклады румынской делегации были посвящены в основном вопросам разделения изотопов водорода. Н. Палиброва в двух докладах коснулся вопросов

массопередачи и влияния гидродинамики процесса разделения на результаты работы колонн изотопного обмена. Большой интерес представил обзорный доклад В. Мерчеса, который осветил состояние работ по разделению изотопов водорода в стране. Из его доклада следует, что работы по использованию изотопного обмена между водородом и водой ведутся с применением никель-хромового катализатора. В разработанных ими колоннах обмен идет как в паровой фазе, так и между жидкой водой и парами воды. В отличие от обычных схем с каталитическим и фазовым изотопным обменом, где обмен идет ступенчато, предложенная схема является непрерывной и противоточной. Были представлены схема и проектные данные двухступенчатого лабораторного каскада и проект установки для производства 1 т D_2O в год, концентрирующей воду с 5—99,8% дейтерия. Установку предполагается включить в схему тяжеловодного реактора. В докладе рассматривались варианты двухтемпературных схем концентрирования D_2O (в системе $NH_3 - H_2$).

Доклады К. Ветцеля и Г. Вейса (г. Лейпциг) были посвящены различным вариантам противоточных ионообменных процессов разделения. Доложенная Г. Вейсом рециркуляционная схема использовалась для разделения изотопов углерода.

Известно, что масс-спектрометрический метод определения изотопного состава является основным и наиболее точным. В докладах по применению масс-спектрометрического метода в изотопных анализах были рассмотрены следующие вопросы: определение точных значений соотношений изотопов, ионные источники для анализа с применением твердой фазы, термоионизация из накаленных окислов, анализы с применением чрезвычайно малых навесок проб, изотопный анализ серы, урана и плутония в виде их различных соединений, изотопные эффекты, проявляющиеся в ионных источниках.

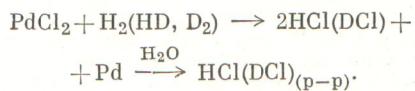
Была продемонстрирована возросшая роль немасс-спектрометрических методов определения изотопного состава. Наряду со спектральным изотопным анализом были заслушаны доклады по эмиссионной и ИК-спектроскопии органических и неорганических молекул с целью определения в них N^{15} , O^{18} и S^{34} . Два доклада были посвящены изотопному анализу с помощью метода ЯМР. При этом были продемонстрированы примеры прямого и непрямого изотопных анализов на дейтерий, азот и Li^{7} , широкие возможности определения водорода, связанного различными функциональными группами.

Особое значение приобретает газовая хроматография как метод изотопного анализа, который предполагает разделение различных изотопных молекул с последующим определением количества каждой из них. Доклады К. И. Сакодынского и Г. Картони (Италия) были посвящены разделению изотопно замещенных молекул метана и этана, содержащих C^{12} , C^{13} и C^{14} , водород, дейтерий и тритий на различных колонках. Ф. Боттер (Франция) посвятила свой доклад расчету газохроматографических колонн с помощью диаграммы Мак-Кеба и Тиле, сопроводив теоретические выкладки примерами определения концентраций различных изотопов в таких смесях, как $H_2 - HD$, $Ne^{21} - Ne^{22}$, $H_2S^{32} - H_2S^{34}$, H_2S — HDS.

Применение газовой хроматографии к разделению изотопных молекул (для аналитических и промышленных целей) и выяснение физико-химических основ

молекулярного взаимодействия в ходе газовой хроматографии обсуждались в докладе А. Либерти (Италия). О простом и надежном способе определения концентрации изотопных молекул водорода, разделенных в стеклянной капиллярной колонке при $t = 77^\circ\text{K}$, сообщили в совместном докладе М. Монке (ГДР) и О. Пирингер (Румыния). Метод заключается в определении электропроводности водного раствора HCl и DCl, пропор-

циональных концентрациям водорода идейтерия, образуемых разделенными изотопами по схеме:



С. Г. КАТАЛЬНИКОВ

Методика и аппаратура для испытаний радиометрических параметров радиоизотопных релейных приборов

Радиометрические свойства изотопных приборов, имеющих релейный выход, наиболее удобно характеризовать (как и электромагнитные реле) числовыми значениями основных радиометрических параметров. При этом сигналом срабатывания является скачок плотности потока излучения Φ от фонового значения до выбранного верхнего значения, обеспечивающего срабатывание прибора, а сигналом отпускания — скачок от значения плотности потока, в 1,5 раза превышающего порог срабатывания, до выбранного нижнего значения, обеспечивающего отпускание прибора.

В условиях работы со скачкообразными сигналами радиоизотопные параметры приборов могут быть охарактеризованы:

радиометрическим порогом срабатывания Φ_{0-1} как сигналом срабатывания, уменьшение которого на 1% приводит к увеличению среднего времени срабатывания не менее чем на 10%;

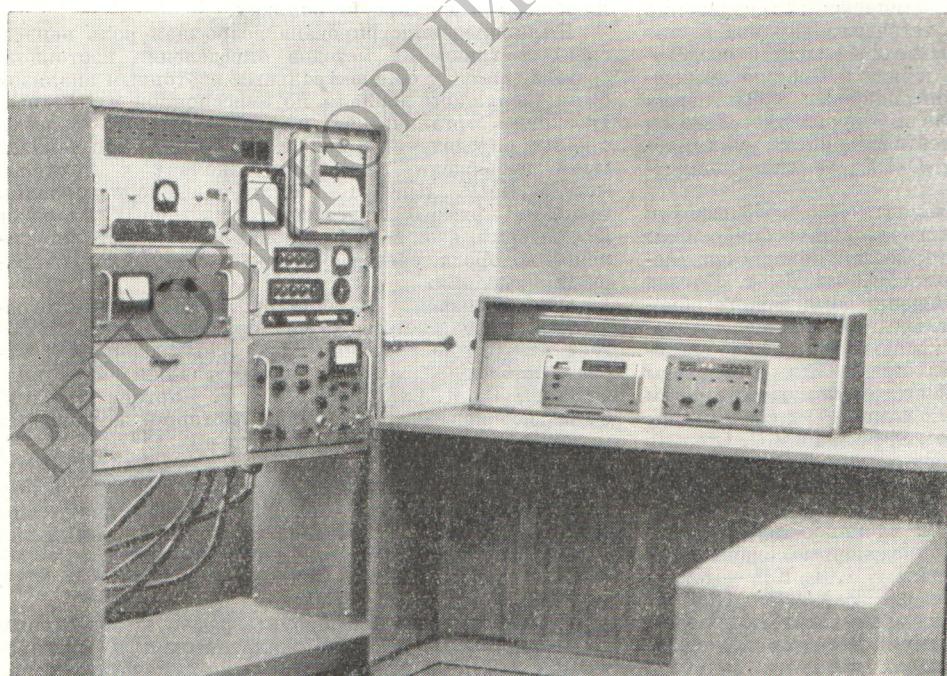
радиометрическим порогом отпускания Φ_{1-0} как сигналом отпускания, увеличение которого на 1% приводит к увеличению времени отпускания не менее чем на 10%;

условным временем срабатывания t_{0-1} как средним временем срабатывания $t_{\text{ср}}$ при сигнале срабатывания, равном $1,5 \Phi_{0-1}$;

условным временем отпускания t_{1-0} как средним временем отпускания $t_{\text{отп}}$ при сигнале отпускания, равном фоновому;

минимальным значением статистической надежности $T_{\text{кр}}$ как минимальным значением среднего времени между двумя ложными срабатываниями прибора. При этом ложным срабатыванием считается переключение выхода прибора вследствие флуктуаций сигнала из одного устойчивого состояния в другое с последующим возвратом.

Методика и аппаратура для экспериментального определения перечисленных параметров радиоизотопных приборов разработаны Рижским научно-исследовательским институтом радиоизотопного приборостроения. Наиболее простой вариант такой аппаратуры состоит из двух градуировочных линеек соответственно для фонового и скачкообразного сигнала, прибора для измерения временных интервалов и коммутирующего устройства.



Общий вид стенда для испытаний радиометрических параметров радиоизотопных релейных приборов.