

актинометрической технике для измерения интенсивности разряда (концентрация и энергия электронов), с которой связывается скорость химических реакций. В остальных докладах обсуждены конкретные результаты использования методов зондовой диагностики, масс-спектрометрии, оптической спектроскопии, контактных методов и современных компьютеров для исследования механизма химических превращений в плазме.

Применение турбулентных свойств плазмы для осуществления химических реакций. Эта группа докладов представлена учеными СССР (В. А. Легасов, А. А. Иванов). Рассмотрены проблемы неравновесной плазмохимии и возможности использования мощных электронных пучков для генерирования стационарных плазменных разрядов. Обсуждены результаты исследований по разделению частиц с различной молекулярной массой в плазменной центрифуге для разделения продуктов плазмохимических реакций. Плазменная центрифуга может быть успешно использована там, где уже исчерпаны возможности термической закалки продуктов быстрых реакций. В ряде докладов рассмотрены использование магнетоакустического резонанса для нагрева электронов в плазме, реакции синтеза в газовом разряде, реакции, стимулированные пучком релятивистских электронов, и т. д. Обсуждены химические и фазовые превращения в уран-фторной плазме (Ю. Н. Туманов).

Плазменная технология. Наиболее интересный доклад был представлен акад. Н. Н. Рыкалинным (СССР). Рассмотрены процессы плавления, сфероидизации частиц, восстановления металлов, реакции синтеза, а также вопросы разработки разнообразных генераторов плазмы. В других докладах сообщалось о разработке трехфазных генераторов плазмы, применении газового охлаждения для повышения КПД плазматронов, о транспортных свойствах потоков плазменных теплоносителей, использовании токопроводящих теплоносителей для синтеза нитридов.

Химические реакции в плазме. Очень перспективной областью использования неизотермической плазмы низкого давления являются транспортные реакции (С. Вепржек, Швейцария). Изучены три типа химических реакций: «химическое» испарение и осаждение твердых веществ при взаимодействии химически активной плазмы низкого давления с твердыми веществами; модификации поверхности при гетерофазном взаимодействии плазмы с металлами; реакции гетерофазной рекомбинации атомов. Рассмотрена роль термодинамического и кинетического эффектов химического взаимодействия в неизотермической плазме. Транспортные реакции в плазме являются мощным средством получения чистых материалов (например, для микроэлектроники и атомной техники). Часть докладов была посвящена реакциям направленной полимеризации и декарбонизации в плазме низкого давления. Значительное внимание

уделено синтезу карбидных и нитридных материалов с помощью плазменного нагрева.

Некоторые вопросы развития химии плазмы. Обсуждена организационная деятельность подкомиссии плазменной химии IUPAC, рассмотрены мероприятия по улучшению взаимодействия промышленности с университетами Франции.

На основании докладов, обсужденных на Симпозиуме, можно сделать следующие выводы:

1. Несмотря на энергетический кризис, затронувший большинство промышленно развитых стран, большой интерес проявляется к использованию низкотемпературной плазмы в химии, химической технологии и металлургии. По сравнению с первым симпозиумом по плазмохимии (ФРГ, Киль, 1973 г.) увеличилось число объектов исследования, наметились пути разработки научных основ плазмохимии. Это связано, по-видимому, с потребностью упростить и унифицировать механизм передачи энергии электрического тока в реактор, снизить затраты энергии на химико-металлургические процессы, интенсифицировать последние и повысить уровень их управления.

2. Наряду с электродуговыми и ВЧ-генераторами плазмы начинают применяться электронно-пучковые генераторы; кроме традиционных методов разделения продуктов плазмохимических реакций с помощью термической закалки, начинают использоваться плазменные центрифуги.

3. Повысился интерес к химическим реакциям в неравновесной плазме. В большинстве докладов так или иначе обсуждались свойства или применение плазмы низкого давления. Речь идет о получении чистых материалов для атомной энергетики и полупроводниковой техники, для синтеза неустойчивых при обычных условиях продуктов, для получения полимерных пленок и покрытий, модификации поверхности.

4. Очень интересным способом получения плазмы и использования ее в химии являются реакции хемиионизации, протекающие при сильно экзотермическом взаимодействии элементов в молекулярных пучках. Техника осуществления реакций хемиионизации может быть использована для разделения химических элементов и, возможно, изотопов элементов.

5. Возрос интерес к ионным и ионно-молекулярным реакциям в верхних слоях атмосферы. Эти исследования имеют большое практическое значение. Можно, например, упомянуть о реакциях различных веществ, выбрасываемых в атмосферу промышленными предприятиями, двигателями самолетов и ракет, с озоном, пояса которого находится на высоте ~ 30 км.

Следующий симпозиум по плазмохимии состоится в 1977 г. в Лиможе (Франция).

ТУМАНОВ Ю. Н.

III Международная конференция по измерению низких уровней радиоактивности и их применению

Конференция проходила в октябре 1975 г. в Чехословакии. Она была организована Университетом им. Коменского (Братислава) и Институтом по исследованию, производству и применению радиоизотопов

(Прага). В конференции приняли участие около 150 специалистов из 21 страны, заслушано примерно 100 докладов, из них 65 представлено учеными социалистических стран. Охвачен широкий круг научно-техниче-

ских проблем создания сложнейших радиометрических приборов для измерения низких уровней радиоактивности. Решение многих крупных фундаментальных проблем физики Солнца, океанологии, археологии, физики земной атмосферы, происхождения и временных вариаций космических лучей, происхождения и эволюции поверхности планет, спутников и малых тел Солнечной системы, поисков сверхтяжелых элементов, а также многих прикладных задач геохронологии, гидрогеологии, метеорологии, гляциологии и радиационной загрязненности окружающей среды невозможно без детального исследования радиоактивности природных объектов земного и космического происхождения. В связи с этим во многих странах уделяется большое внимание созданию специализированных низкофоновых радиометрических лабораторий.

За последнее десятилетие достигнуты большие успехи в области прецизионных исследований низких уровней радиоактивности. Этому прежде всего способствовало строительство подземных лабораторий в Советском Союзе (ИЯИ АН СССР и ОИЯИ), Японии (Институт ядерных исследований Токийского университета), Швейцарии (Физический институт, Берн), ФРГ (Физико-техническое объединение, Брауншвейг), в Болгарии (Институт ядерных исследований и ядерной энергии, София). Эти лаборатории имеют низкий фон от космического излучения, например: поток мюонов в нейтринной лаборатории ИЯИ АН СССР, расположенной на глубине 600 м в. э., составляет всего лишь 1 мюон/день·см⁻². Для экранировки детекторов от радиоактивного фона горных пород в этой лаборатории используются ультраосновная порода дунит и специально созданный бетон с низкой радиоактивностью. Большое внимание уделяется подбору чистых металлов для пассивной защиты. Однако максимальное снижение детекторов удалось достичь при замене пластических сцинтилляторов кристаллами NaI в «активной» защите. Так, С. Танака и др. (Институт ядерных исследований Токийского университета) для игольчатого торцового проточного медного счетчика (объем ~ 0,15 см³, площадь окна ~ 0,75 см²), помещенного в колодец кристалла NaI и включенного на антисовпадение с основным счетчиком, получили предельно низкий фон 0,0092 ± 0,0005 расп./мин при эффективности 43 ± 3% (для источника ¹³⁷Cs). Чувствительность этого счетчика 5·10⁻¹⁵ Ки.

Большое внимание уделялось рассмотрению конструктивных особенностей газопроточных и полупроводниковых счетчиков для измерения β-активностей твердых образцов, а также новых конструкций многонитевых счетчиков для измерения радиоактивности газов (¹⁴C, ³H, ³⁷Ar, ³⁹Ar, ⁸¹Kr). Поискам новых методов очистки конструктивных материалов от примесей природных радиоактивных элементов посвящен доклад И. Р. Барабанова и др. (ИЯИ АН СССР).

До последнего времени одним из основных недостатков измерений низких β-активностей являлось отсутствие методов одновременного определения интенсивности энергии β-частиц. Сейчас положение существенно изменилось: предложено несколько вариантов таких методов. Один из них рассматривался в докладе В. А. Алексева и др. (ГЕОХИ АН СССР).

Большая часть докладов посвящена применению жидких сцинтилляторов; особое внимание обращалось на оптимизацию счетного режима. На основе известных свойств сцинтилляторов и теории взаимодействия излучений с веществом теоретически и экспериментально исследованы функции отклика для различных типов жидких сцинтилляторов (Н. Прохазка, Исследовательский институт ветеринарной медицины, Брно).

Чувствительность измерений низких уровней радиоактивности может быть повышена не только за счет снижения фона и его стабильности, но и за счет увеличения удельной активности исследуемых образцов путем изотопного обмена. Данные, представленные на конференции учеными разных стран, показывают, что этот метод наиболее эффективен при измерениях низких концентраций трития в морской воде и радиоуглерода в органических объектах с высоким возрастом (до 75 тыс. лет).

Наиболее важное и перспективное направление работ в области измерения низких активностей — применение γ-спектрометрии и методов γ — γ-, β — γ- и β — γ — γ-совпадений. Они открывают широкие возможности исследования радиоактивности образцов без их разрушения. Это позволяет сохранять уникальное вещество (метеориты, тектиты, космическую пыль, лунные породы) и избежать трудоемких химических операций переработки, которые часто приводят к невосполнимым потерям и погрешностям. Развитие работ в этой области идет в двух направлениях.

1. Усовершенствуются и создаются новые радиотехнические схемы γ — γ-, β — γ- и β — γ — γ-совпадений (ГЕОХИ АН СССР, Москва; Университет им. Коменского, Братислава; Институт ядерных исследований Токийского университета; Лаборатория физических исследований, Ахмедабад, Индия; Центральный институт ядерных исследований, Розендорф, ГДР). Наибольшая чувствительность при определении ²²Na и ²⁶Al достигнута в режиме β — γ — γ-совпадений на приборе, состоящем из двух кристаллов NaI (Tl) размером 150 × 100 мм, β-счетчиков и пластического сцинтилляционного счетчика антисовпадений (Университет им. Коменского). Фон прибора в энергетических областях сета ²²Na и ²²Al равен 0,75 имп./день, чувствительность ~ 5·10⁻¹⁵ Ки.

2. Во многих странах созданы γ-спектрометры с Ge (Li)-полупроводниковыми детекторами, которые успешно используются для определения содержания радиоактивных продуктов ядерных взрывов в атмосферной пыли и осадках, космогенных изотопов в лунном и метеоритном веществе, а также для активационного определения ультрамалых количеств элементов в чистых веществах и природных объектах. Наибольшая чувствительность (5·10⁻¹⁵ Ки) достигнута на γ-спектрометре Института органической химии и биохимии в Праге, где проведены уникальные измерения содержания ²²Na, ²⁶Al, K, Th и U в образце лунного грунта весом 247 мг, доставленного автоматической станцией «Луна-20».

Одним из интересных аспектов применения методов измерений низких уровней радиоактивности является возможность расшифровки космических явлений (циклическая и вспышечная активность Солнца, вариации магнитного поля Земли, временные и пространственные вариации космического излучения солнечного и галактического происхождения, вулканическая активность Земли и других планет) как в настоящее время, так и в прошлом. Этим вопросам посвящены доклады ученых Советского Союза, Чехословакии, Японии и ФРГ (Г. Е. Кочаров, В. А. Дергачев, А. К. Лаврухина, П. Повинец, С. Танака и др.). В нескольких докладах затронуты вопросы, связанные с оценкой возраста почв, археологических образцов, вод, льдов, вулканического пепла, а также с поисками сверхтяжелых элементов в метеоритах и земных образцах.

Труды конференции будут изданы в 1976 г.

ЛАВРУХИНА А. К.