

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

24 $\frac{53}{A-92}$

п БИБЛИОТЕКА

Атомная энергия

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А. И. АЛИХАНОВ, А. А. БОЧВАР, А. П. ВИНОГРАДОВ,
Н. А. ВЛАСОВ (зам. главного редактора), И. Н. ГОЛОВИН,
Н. А. ДОЛЛЕЖАЛЬ, А. П. ЗЕФИРОВ, В. Ф. КАЛИНИН,
И. Ф. КВАРЦАВА, Н. А. КОЛОКОЛЬЦОВ (зам. главного редактора),
А. К. КРАСИН, А. В. ЛЕБЕДИНСКИЙ, А. И. ЛЕЙПУНСКИЙ,
М. Г. МЕШЕРЯКОВ, М. Д. МИЛЛИОНЩИКОВ (главный редактор),
И. И. НОВИКОВ, В. С. ФУРСОВ, В. В. ШЕВЧЕНКО,
К. Э. ЭРГИС, М. В. ЯКУТОВИЧ

147612

МАРТ

ТОМ 14

1963

ВЫП. 3



Совещание по радиоактивационному анализу в Ташкенте

В октябре 1962 г. в Ташкенте состоялось совещание по радиоактивационному анализу, созванное Научным советом по использованию атомной энергии в химии Отделения химических наук АН СССР, Институтом геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР и Институтом ядерной физики АН Узбекской ССР.

Участниками совещания было прочитано свыше 30 докладов и сообщений.

В обзорном докладе И. П. Алимарина и Ю. В. Яковлева были подробно освещены современное состояние и пути развития радиоактивационного анализа. Было отмечено, что существуют два основных направления применения метода: а) определение малых и ультрамалых количеств примесей элементов в различных веществах, следов элементов в рудах, горных породах, минералах, почвах, растениях и других биологических объектах, а также для целей криминалистики и т. д.; б) определение сравнительно больших (10^{-3} — $10^{-4}\%$) концентраций примесей в рудах, минералах, сплавах и т. д. До последнего времени предпочтение отдавалось в основном первому из этих направлений. Однако и второе имеет свои привлекательные стороны, связанные с быстрой анализом и возможностью его автоматизации. В докладе была также дана сравнительная оценка советских и зарубежных работ по радиоактивационному анализу и рассмотрены пути повышения чувствительности, селективности и экспрессности метода, а также различные источники радиоактивных излучений для целей радиоактивации.

Д. И. Лейпунская сделала обзор работ по нейтронному активационному анализу в условиях геологических скважин. В настоящее время нейтронный активационный анализ широко применяется при поисках, разведке и разработке полезных ископаемых в рудных, нефтяных и газовых скважинах. Источники нейтронов, предназначенные для применения в полевых условиях, не должны быть громоздкими и вместе с тем должны давать излучение достаточно высокой интенсивности. Используя потоки 10^4 нейтр/см², можно анализировать лишь ограниченное количество элементов, которое можно существенно увеличить, подняв интенсивность на 2—3 порядка. В последнее время в геологических скважинах начали успешно применять в качестве источников излучения для радиоактивации нейтронные генераторы. Это дало возможность проводить активационный анализ по короткоживущим изотопам с помощью облучения быстрыми нейтронами.

Е. М. Лобанов, А. П. Новиков, А. А. Хайдаров, А. И. Чанышев, М. Г. Аширов, А. Худайберганов

изложили методику определения содержания меди в кернах с использованием нейтронного активационного анализа без химической обработки проб. Активность проб измерялась многоканальным сцинтилляционным γ -спектрометром. Опыты показали, что определение содержания меди выгоднее производить по изотопу Cu^{64} , чем по изотопу Cu^{66} . Величина среднего содержания меди в породе скважины, полученная активационным методом, совпала с величиной, полученной с помощью химического анализа. Описываемый метод позволяет производить около 100 анализов за 6 ч.

Г. Арипова, В. А. Крылова, Н. С. Матвеева, Е. М. Лобанова, М. М. Романова, А. А. Хайдарова исследовали спектры радиационного захвата тепловых нейтронов образцами минералов и горных пород. Спектры были получены на многоканальном сцинтилляционном γ -спектрометре. По спектрам захвата можно судить о наличии и содержании в изучаемых образцах многих элементов.

И. Н. Плаксии и Л. П. Старчик осветили вопросы применения радиоактивных излучений для определения содержания элементов в рудах и продуктах их переработки, а В. В. Сулин рассказал о разработке активационного метода анализа образцов горных пород с помощью лабораторных бетатронов.

В работе Е. М. Лобанова, В. И. Звягина, В. М. Ленченко, Б. П. Зверева, Д. И. Блинова изложена методика определения бора в различных материалах путем регистрации γ -лучей, возникающих в результате захвата тепловых нейтронов ядрами бора. Чувствительность метода достигает $10^{-5}\%$. В монокристаллах кремния можно определять бор с чувствительностью до $10^{-7}\%$ и выше с помощью реакции $\text{B}^{10} (n, \alpha) \text{Li}^7$. Водород, углерод и кислород в кремнии можно определять по ядрам отдачи легких элементов, возникающим при облучении быстрыми нейтронами.

В сообщении Е. М. Лобанова, А. И. Чанышева, А. Г. Дутова, М. Г. Аширова, А. Худайберганова были приведены данные о результатах массового радиоактивационного анализа каолиновых глин с целью определения содержания алюминия.

С. А. Дубинский и В. Т. Тугановский представили доклад о количественном определении индия и марганца в рудах и продуктах обогащения с помощью радиоактивационного анализа. Ими был разработан радиоактивационный метод, позволяющий определять содержание индия в количествах порядка $1 \cdot 10^{-4}\%$ при одновременном определении содержания марганца, присутствующего в про-

бах, анализируемых на индий. Для этого используется различие в спектрах γ -излучения радиоактивных изотопов In^{116} и Mn^{55} , образующихся при облучении проб потоком тепловых нейтронов.

Г. А. Пережогин сообщил о разработанном методе определения следовых количеств золота в горных и осадочных породах путем нейтронной активации без предварительного химического обогащения. Чувствительность метода позволяет с большой точностью и надежностью определять золото в количествах порядка $10^{-7}\%$ в образцах весом 0,1 г.

В докладе М. Б. Ширяевой и Ю. П. Салмина приведены данные о методике определения содержания тантала в горных породах, рудах и минералах с помощью нейтронного активационного анализа. Чувствительность достигала $2 \cdot 10^{-5}\%$ Ta_2O_5 . Анализировались геологические пробы с содержанием тантала от 10^{-4} до 5% Ta_2O_5 .

В. И. Спицын, Н. П. Глазунов, П. Н. Кодочников и В. И. Ионоу представили доклад о радиоактивационном анализе ванадия на содержание некоторых примесей.

Результаты многолетней работы по радиоактивационному определению примесей в целом ряде веществ, применяемых в полупроводниковой технике, были обобщены в докладе Н. Н. Догадкина, М. Н. Шулешикова и Ю. В. Яковлева. Авторами были разработаны методики определения 20 различных примесей в 12 анализируемых объектах. Подробно описаны методики анализа фосфора на медь, цинк, мышьяк, сурьму, золото, серу, селен, теллур, индия на медь, цинк, золото, мышьяк, сурьму. Чувствительность этих методик составляет $1 \cdot 10^{-5}$ — $1 \cdot 10^{-8}\%$.

Н. А. Глухарева рассказала о методиках активационного γ -спектрометрического определения микропримесей, наиболее часто встречающихся в полупроводниковых материалах. Исследовавшиеся образцы облучались потоком нейтронов из реактора с последующей γ -спектрометрической идентификацией примесей и при необходимости — радиохимическим выделением и очисткой. Абсолютная чувствительность при облучении потоком 9×10^{12} нейтр/см²·сек составляла от $5 \cdot 10^{-7}$ (железо) до $2 \cdot 10^{-12}$ г (золото).

Анализ карбида кремния методом нейтронной активации был темой доклада Е. И. Исаевой, И. Е. Макашевой и А. П. Обухова. Для разложения карбида кремния было применено хлорирование при температуре 1250 — 1300°C . Путем облучения в потоке $5 \cdot 10^{13}$ — $1 \cdot 10^{14}$ нейтр/см²·сек в течение 24—48 ч определялось содержание меди, цинка, мышьяка, сурьмы, серебра, фосфора.

В. В. Моисеев, Р. А. Кузнецов и А. И. Калинин осуществили радиоактивационный анализ двуокиси кремния с применением ионообменной хроматографии для разделения активированных примесей. Ионообменная хроматография обладает существенными преимуществами по сравнению с другими аналитическими методами: простотой, надежностью, точностью, быстротой и т. д. Разработанная схема разделения была основана на различной устойчивости и сорбируемости анионных комплексов многих элементов в растворах плавиковой и соляной кислот. При этом использовался сильноосновной отечественный аннионит АВ-17. Поглощенные элементы вымывались растворами плавиковой или соляной

кислоты различной концентрации и некоторыми комплексобразователями. По разработанной схеме было определено содержание 14 элементов с чувствительностью 10^{-6} — $10^{-2}\%$.

Т. А. Потапова и Т. В. Полещук представили на обсуждение совещания работу по радиоактивационному анализу алюминия особой чистоты, получаемого зонной плавкой. Была разработана методика определения содержания меди, марганца, цинка, галлия, кадмия, железа и золота в количествах меньше $10^{-4}\%$, основанная на облучении анализируемого металла и эталонов определяемых примесей потоком 10^{12} — 10^{13} нейтр/см²·сек и радиометрировании соответствующих изотопов по γ -излучению на сцинтилляционном счетчике. Методика предусматривает предварительное радиохимическое выделение определяемых элементов. В качестве эталонов используются соли определяемых примесей, за исключением галлия и золота, когда эталонами служат металлы. Чувствительность определения примесей составила (в процентах) для меди $1 \cdot 10^{-7}$, галлия $5 \cdot 10^{-7}$, марганца $1 \cdot 10^{-6}$, цинка $1 \cdot 10^{-5}$, железа $1 \cdot 10^{-4}$. Точность этой методики находится в пределах от 10 до 50%.

Л. А. Смахтин и Н. В. Филиппова осветили методику активационного определения небольших количеств марганца и брома в бензине, позволяющую определять оба элемента сразу в одной пробе с достаточно высокой точностью за 10—20 ч. В настоящее время разрабатывается спектроскопический метод определения алюминия и натрия в полиэтилене.

В. И. Шамаев сделал доклад об определении азота в органических соединениях методом активации быстрыми нейтронами. Была разработана чисто радиометрическая методика без химического выделения исследуемого элемента. Анализы проводились путем сравнения с облученными соединениями, содержащими известное количество азота. Источником быстрых нейтронов служил нейтронный генератор. Практическая чувствительность анализа составила $5 \cdot 10^{-4}$ г. Метод очень прост, не требует большой затраты времени и разрушения образца.

И. А. Маслов и А. П. Обухов представили на совещание два доклада. В первой работе решалась задача высокочувствительного определения скорости уноса материала термокатодов из карбида циркония путем прямой γ -спектроскопии после нейтронного облучения в реакторе, вторая была посвящена изложению метода моделирования процесса анализа, применяемого для широкого класса чистых материалов, в которых после активирования образуются преимущественно β -излучающие изотопы (кремний, графит, сера и т. п.). Авторами был разработан прием группировки данных и выведена формула для вычисления относительной ошибки анализа по результатам модели.

Сообщение А. Г. Дутова и Е. М. Лобанова было посвящено определению степени чистоты препарата окиси иттрия радиоактивационным методом. Облучение производилось как полным потоком нейтронов от реактора, так и при фильтрации нейтронов кадмием. Это позволило разделить активность от реакций типа (n, γ) на медленных и типа (n, p) на быстрых нейтронах. В исследованном образце было обнаружено 9 примесных элементов.

В докладе Г. В. Сухова, П. Я. Вертебного, Г. В. Балакина, Н. И. Марупиной и С. А. Мирза-Заде было сообщено о результатах применения новых вариантов активационного анализа некоторых высокоочищенных веществ и редких металлов. Авторами была проведена комплексная разработка методов определения редких и обычных элементов радиоактивационным методом. Была рассмотрена в общем виде задача разложения суммарной кривой распада смеси радиоактивных изотопов. Разработанный вероятностный анализ был применен для определения примесей в высокочистом графите, титане, кремнии и других веществах. Полученные результаты были подвергнуты метрологической обработке с целью оценки истинности, точности и чувствительности произведенных измерений.

После окончания заседаний для участников совещания было организовано посещение Института ядерной физики АН Узбекской ССР.

Затем были обсуждены и уточнены тематические планы на 1963 г. институтов АН СССР, республиканских академий наук и научных учреждений других ведомств, работающих в области радиоактивационного анализа, и принято решение совещания. Намечено издать труды совещания.

Совещание в Ташкенте показало растущий интерес к радиоактивационному анализу со стороны специалистов самых различных областей науки и производства, а также несомненный рост количества и уровня проводимых научных работ.

В. М. Пацкевич

Симпозиум по молекулярным механизмам биологического действия ионизирующей радиации

В июле 1962 г. в Брно (ЧССР) проходил Международный симпозиум по биологическим последствиям действия ионизирующего излучения на молекулярном уровне, организованный МАГАТЭ и Академией наук ЧССР. В нем участвовало 85 человек от 21 страны. Было представлено 39 докладов, полные тексты которых будут опубликованы в трудах симпозиума.

Доклады симпозиума охватывали очень много вопросов: первичные физические и химические эффекты; действие излучений на белки, нуклеиновые кислоты и другие биологически важные макромолекулы, а также на биосинтез этих веществ; действие излучений на субмикроскопические структуры, на бактериофаги; механизмы действия защитных веществ.

Доклад Раута и Хатчинсона (США) посвящен прямому исследованию потерь энергии электронов при их первичных взаимодействиях с веществом в твердой фазе. Авторы, применяя очень тонкие пленки, показали, что для веществ с малым значением среднего атомного номера в единичном акте взаимодействия преимущественно поглощается количество энергии, равное 25—30 эв. При этом лишь очень малое число электронов терит в единичном акте взаимодействия энергию в интервале 0—12 эв; средняя потеря энергии на одно взаимодействие составляет около 60 эв.

Несколько докладов посвящено применению метода электронного парамагнитного резонанса к исследованию радикалов, образующихся в биологических полимерах и более сложных системах при воздействии ионизирующих излучений, и к процессам внутри- и межмолекулярного переноса энергии и заряда. Мюллер (ФРГ) привел новые данные о значениях величин выхода радикалов при облучении белков и аминокислот и отметил, что по мере улучшения техники эксперимента (лучшая сушка образцов, исключение микроволнового насыщения) эти значения возрастают; по его данным, выходы для белков и аминокислот близки друг к другу. Дюшен и Дешире (Бельгия) обнаружили, что выход радикалов при облучении отдельных азотистых основа-

ний примерно на порядок выше, чем при облучении высокополимерной дезоксирибонуклеиновой кислоты, и отметили, что это, в известной мере, коррелирует с радиочувствительностью этих соединений. Усатый и Лазуркин (СССР) привели количественные данные о кинетике накопления радикалов в белках. В работе показано, что облучение наряду с образованием радикалов приводит к исчезновению уже имеющихся, высказаны соображения о механизме этого явления и, в частности, о том, что в этом процессе важную роль играет миграция заряда или энергии возбуждения в молекулах полимера. Обсуждению вопросов меж- и внутримолекулярного переноса энергии и различных механизмов радиационной защиты был посвящен доклад Липского и Мерклина (США) «Радиационная химия жидких органических смесей». В нем сделаны интересные оценки расстояний, на которых может сказываться защитное действие вводимых для этой цели веществ.

Значительное количество докладов посвящено действию излучений на важнейшие биополимеры (белки и нуклеиновые кислоты) и их комплексы, а также на системы, связанные с их синтезом. Чилийские исследователи Контрерас, Эспино, Мери, Ольбаум и Тоха привели в своем докладе доказательство того, что при γ -облучении водных растворов рибонуклеотидов происходит образование фосфодиэфтерных связей; степень полимеризации полученных продуктов достигает ~10. Блейк и Филлипс (Великобритания) доложили предварительные результаты рентгеноструктурного анализа монокристалла мюглобина, подвергнутого интенсивному рентгеновскому облучению. С ростом дозы наблюдается аморфизация, причем на каждый поглощенный квант K_{α} -излучения меди приходится около 100 разупорядоченных молекул. Сколс и Вейсс (Великобритания) в работе о действии ионизирующих излучений на ДНК и нуклеопротеиды в растворе установили, что вплоть до дозы $2 \cdot 10^5$ рад белок в нуклеопротеиде тимуса телят обеспечивает почти полную защиту азотистых оснований и сахаров от атаки со стороны радикалов, образующихся в воде. Доклад Драсила (ЧССР) посвящен разде-