

в 1963 г., обусловленная ядерными взрывами, была на 1—2 порядка больше естественного уровня. В октябре того же года на высоте 20 км отмечалось импульсное увеличение концентраций  $\text{Na}^{22}$ . Д. Лал объясняет это опусканием искусственного радиоактивного  $\text{Na}^{22}$  из более верхних слоев стратосферы.

В докладе Г. В. Дмитриевой и др. (СССР) рассматриваются синоптические условия поступления радиоактивных продуктов деления из нижней стратосферы в тропосферу и перенос продуктов деления через экваториальный район.

Несколько докладов было посвящено проблеме вымывания радиоактивных аэрозолей из нижней тропосферы. В работах К. П. Махонько (СССР) и Г. Шумана (ФРГ) для описания процесса вымывания аэрозоля вводятся и оцениваются интегральные параметры. В сообщении П. Сторебо (Норвегия) приводятся примеры зависимости скорости вымывания аэрозоля от размеров аэрозольных частиц. Б. Дэвидсон и др. (США) сделали попытку построения численной модели распространения в атмосфере и выпадения на землю продуктов ядерных взрывов. В модели учитывалась только турбулентная диффузия. Получено удовлетворительное согласие экспериментальных и расчетных данных, в частности по распространению в стратосфере  $\text{W}^{185}$ , а также по широтному распределению выпадений продуктов деления.

В нескольких докладах рассматривался дисперсный состав радиоактивных аэрозолей продуктов ядерных взрывов. В сообщениях Е. Мартелла (США) и К. Юнга (ФРГ) обсуждались причины образования в стратосфере аэрозольного слоя на высоте 19—21 км. В работе Я. И. Газиева и др. (СССР) исследовались сезонные изменения дисперсного состава радиоактивных аэрозо-

лей продуктов ядерных взрывов в тропосфере и фракционирование отдельных изотопов в процессе их распространения в атмосфере. Ж. Сисефский (Швеция) привел данные о временных колебаниях концентраций высокоактивных аэрозольных частиц в верхней тропосфере и нижней стратосфере в 1961—1962 гг.

В докладах Д. Лала и др. (Индия), А. Ааркрога и др. (Дания), С. Аегертера и др. (Швейцария) приводились примеры определения в осадках, воздухе и ледниках новых космогенных изотопов:  $\text{Si}^{32}$ ,  $\text{Si}^{31}$ ,  $\text{Cl}^{38}$ ,  $\text{Na}^{24}$ ,  $\text{Mg}^{28}$ ,  $\text{S}^{38}$ . В докладах Д. Пейрсона и др. (Англия), Д. Лала (Индия), Г. Ламбера (Франция) рассматривались вопросы распространения в атмосфере долгоживущих продуктов распада радона:  $\text{RaD}$  и  $\text{RaF}$ . В последнем докладе была выявлена зависимость между концентрацией  $\text{RaD}$  в годовом слое ледника Антарктиды и величиной солнечной активности.

На отдельном заседании симпозиума были доложены работы по естественной радиоактивности атмосферы. В докладах Х. Израэля (ФРГ) и В. Вилькенинга (США) рассматривались новые методы измерения концентраций радона и торона в атмосфере. Д. Фонтэн, Д. Сервант (Франция) и Х. Израэль (ФРГ) доложили об изменении концентраций радона и торона в зависимости от метеорологических условий. С. Г. Малахов и др. (СССР) исследовали суточные колебания концентрации продуктов распада радона и торона и степени радиоактивного равновесия между ними.

Советские ученые Е. С. Селезнева и О. П. Петренчук и др. сделали два доклада по химии атмосферы.

Материалы симпозиума предполагается опубликовать в апреле 1966 г. в журнале *Tellus*.

С. Г. МАЛАХОВ

### III Международный вакуумный конгресс

III Международный вакуумный конгресс проходил в Штутгарте (ФРГ) в июне — июле 1965 г. с участием представителей 28 стран. Советский Союз на конгрессе представляла делегация специалистов по различным областям вакуумной науки и техники в составе 11 человек. Во время работы конгресса была организована выставка новейших образцов вакуумного оборудования.

Работа конгресса проходила по следующим секциям: а) напыление и тонкие пленки; б) газодинамика разреженного пространства; в) элементы конструкций вакуумных систем; г) измерение давления и течеискание; д) адсорбция и десорбция; е) криогенная техника; ж) распыление и гетерирование; з) вакуумная металлургия. На заседаниях этих секций было сделано 120 сообщений, и, кроме того, на пленарных заседаниях было заслушано 12 докладов, представляющих в основном обзоры опубликованных ранее работ в области вакуумной науки и техники.

Уже один только перечень секций, количество сделанных сообщений и докладов говорят о быстром развитии вакуумной науки и многообразии областей ее применения.

На секции «Адсорбция и десорбция» кроме двух обзорных докладов, сделанных на пленарных заседаниях В. М. Захлером (Нидерланды) и Ю. Хенгефосом (Лихтенштейн), было рассмотрено 17 докладов, в том числе два доклада советских ученых.

В настоящее время все более широко распространяются методы получения безмасляного вакуума с помощью сорбентов. Теоретический анализ сорбционной откачки дан в докладе Х. Эйлерса (США). Приводятся расчеты вероятности прилипания молекул на поверхности сорбирующего материала, а также коэффициенты диффузии молекул через сорбент и изотермы адсорбции. Выведены уравнения, показывающие зависимость этих величин от давления, вероятности адсорбции и скорости откачки в вакуумной системе при определенных условиях, а также от толщины сорбирующего слоя и времени. Подсчитаны максимальное рабочее время и наиболее благоприятная толщина слоя для случая предельно допустимого повышения давления. Результаты экспериментов по получению сверхвысокого вакуума  $< 1 \cdot 10^{-7}$  торр с помощью сорбционных ловушек (насосов) приведены в докладе А. Хёнига (ГДР), где дано также объяснение некоторых количественных зависимостей и рассматривается нанесение сорбента методом электрофореза.

Доклады Г. Ф. Ивановского и др. (СССР) были посвящены сорбции водорода и ионов инертных газов конденсированными пленками титана.

Некоторые авторы приводят описание методик по измерению изотерм адсорбции. Так, в докладе Х. Эйтебаха (Евратом, Бельгия) сообщается об измерении изотерм адсорбции с помощью кварцевых пластинок, изменяющих резонансную частоту в зависимости от

давления и рода газа. Полученные таким путем изотермы адсорбции находятся в хорошем соответствии с изотермами, построенными методом БЭТ.

Из других докладов следует отметить сообщение А. Кавалери и др. (Румыния) об исследовании температурной зависимости десорбции аргона, сорбированного стеклом в виде понов. Измерения в интервале температур от 20 до  $-70^{\circ}\text{C}$  позволили установить, что время жизни адсорбированных слоев соответствует различным состояниям, которые могут быть охарактеризованы неодинаковой энергией связи согласно формуле Френкеля  $\tau = \tau_0 e^{C/RT}$

Определению вероятности прилипания газов на чистых металлических поверхностях было посвящено выступление Н. Хансена (ФРГ). Методика измерения, основанная на том явлении, что при хемосорбции сопротивление напыленных пленок увеличивается пропорционально количеству осажденного газа, позволила определить кинетику хемосорбции.

Работам в области измерений низких давлений и масс-спектрометрам, применяемым для анализа остаточных газов и в теческаторах, были посвящены один обзорный доклад и два секционных заседания. К сожалению, среди доложенных работ по измерению вакуума было мало новых и оригинальных исследований. Это, по-видимому, объясняется тем, что в сентябре 1964 г. в Великобритании проходила конференция по основным проблемам измерения низких давлений.

Из докладов, представленных на этой конференции, заслуживает внимания работа В. Море и др. (США) об эффекте локализованной газовой плотности в ионизационных манометрах. Показано, что в вакуумной камере с различной температурой стенок существуют газовые потоки различной плотности, которые могут искажать показания открытых манометров. Так, для азота отношение давлений при температурах поверхностей 285 и  $78^{\circ}\text{K}$  равно 1,42.

Определенный интерес представляет манометр с однократно рассеянными электронами для области давлений  $10^{-5} - 1 \text{ торр}$ , о котором сделал доклад Б. Шумахер (Канада). Принцип работы этого манометра основан на измерении тока электронной, рассеянных на остаточном газе. Применение изотопного  $\beta$ -источника  $\text{Pm}^{147}$  активностью 500 мкюри позволило создать манометр для работы в диапазоне  $10^{-3} - 0,2 \text{ торр}$ , уже использованный на спутниках. Основное достоинство такого манометра — отсутствие эффектов, связанных с выделением и поглощением газов. Е. Канский (Югославия) доложил о новом, так называемом электрохимическом манометре. Как известно, э. д. с. гальванической ячейки, в которой одной из реагирующих компонент является газ, зависит от парциального давления этого газа, что позволяет создать ячейку, работающую в вакууме. В. Штекмакер (Великобритания) работает сейчас над созданием манометра с виртуальным катодом. Впервые теория виртуального катода была описана советскими авторами еще в 1959 г., но только теперь на ее основе создан манометр. Точность измерений этого манометра повышается с улучшением вакуума, но его применение нецелесообразно для давлений ниже  $1 \cdot 10^{-9} \text{ торр}$ , так как частота колебаний становится очень малой и неудобной для отсчета.

Из докладов, посвященных масс-спектрометрам, применяемым для анализа остаточных газов в вакуумных системах, заслуживает внимания доклад А. Барда (ФРГ), в котором сообщается о разработке нового генератора с постоянным изменением частоты за единицу времени для наиболее распространенного масс-спектрометра типа омегатрона. Используя этот генера-

тор и специальный усилитель, можно записывать спектр масс от 1 до 200 при общем давлении  $1 \cdot 10^{-8} \text{ торр}$  за 1 сек. Широкое распространение получают радиочастотные масс-спектрометры типа топатрон и фильтр-масс. Топатрон — радиочастотный резонансный масс-спектрометр, в котором ионы, попавшие в резонанс и набравшие энергию  $E$  в ускоряющем промежутке из 11 сеток, попадают на коллектор. Диапазон масс от 2 до 200, разрешение  $M/\Delta M$  составляет  $20 \div 40$ , чувствительность по парциальному давлению  $\sim 5 \cdot 10^{-9} \text{ торр}$ . Недостаток этого масс-спектрометра — большие точности, предъявляемые к изготовлению и установке сеток.

Масс-спектрометр типа фильтр-масс подробно описан в обзоре А. Э. Рафалсона в Журнале теоретической физики за 1965 г. (т. XXXV, вып. 1). Наиболее простой масс-спектрометр этого типа АМР-3, который выпускается фирмой «Атлас» (Бремен), имеет следующие характеристики: диапазон масс  $1 \div 120$ , разрешение  $M/\Delta M = 100$ , чувствительность по парциальному давлению  $10^{-13} \text{ торр}$ , температура прогрева датчика  $400^{\circ}\text{C}$ .

На выставке были представлены теческатели пяти фирм. Принцип работы их остается прежним, и в настоящее время все внимание направлено на увеличение чувствительности и максимальной автоматизации проверки изделий на вакуум. Например, теческатель типа «400 Centronic» фирмы «20-й век» имеет чувствительность  $10^{-9} \text{ л. мкторр/сек}$ , а теческатель типа «MS-U15» фирмы «Веeko» — чувствительность  $1,5 \cdot 10^{-11} \text{ л. мкторр/сек}$ . Во всех представленных теческаторах предусмотрены калиброванные гелиевые течи для периодического контроля чувствительности.

На секции «Конструктивные элементы вакуумных систем и материалы» Н. Миллерон (США) доложил о новом применении пористых материалов (сталь, медь и др.) в конструкциях фильтров для блокирования потоков масла и ртути из диффузионных насосов при внезапном появлении избыточного давления. В опытах использовали пластины толщиной 2 мм с размером пор около 150 мкм (толщина пластин должна быть сопоставима с размером пор). Такой фильтр — ловушка из нержавеющей стали — ставился между откачиваемой камерой и насосом. При непрерывной откачке обратная миграция паров масла в откачиваемый объем отсутствовала. Применяя гофрированные фильтры, удается сохранить скорость откачки насоса.

В докладе А. Ротта (Израиль) изложен практически полезный материал по определению так называемых уплотняющих факторов или коэффициента герметизации. Предлагаются формулы и графические методы для оценки скорости утечки газов, учитывающие такие факторы, как газовые постоянные, уплотняющие усилия, геометрию прокладок, свойства материала прокладок и состояние поверхностей.

Значительный интерес представляло обсуждение вопросов, относящихся к технике ускорителей и накопителей на большой энергии. Опыт эксплуатации электронных ускорителей с жесткой фокусировкой на энергию до 6 Гэв (Кембридж; США; Гамбург, ФРГ) показывает, что получение и поддержание необходимого вакуума в условиях быстропеременных магнитных полей и мощного излучения является главной проблемой. Повышение энергии электронов в ускорителе сопровождается увеличением мощности синхротронного излучения пучка, что приводит к нагреву стенок камеры (до  $80^{\circ}\text{C}$ ) и, как следствие, к сильному газовой выделению со стенок до давления выше  $1 \cdot 10^{-6} \text{ торр}$ .

Исследовательские работы, проведенные во Фраскати (Италия) в связи с сооружением накопительного кольца для позитронов с энергией 1,5 Гэв, показывают, что поддержание в камере кольца разрежения  $\sim 10^{-9}$  торр чрезвычайно затруднено из-за десорбции газа со стенок как при их непосредственном облучении синхротронным излучением накапливаемого пучка, так и при облучении стенок вторичными электронами (фотоэлектронами), причем последний эффект на несколько порядков больше первого. После измерения десорбции газов из различных материалов (Au, Ti, нержавеющая сталь) при облучении их электронами делается вывод, что нержавеющая сталь с низким содержанием углерода может быть рекомендована для стенок камеры. В качестве предварительной обработки материала с целью уменьшения десорбции рекомендуется его бомбардировка ионами аргона малой энергии.

В сообщениях, посвященных развитию криогенной техники, наибольший интерес представляет доклад Р. Хаефера (Швеция), посвященный теоретическим вопросам применения криогенных насосов для откачки больших камер, например для имитации космического пространства. Хаефером приводятся уравнения, позволяющие анализировать измерение вакуума в больших камерах, а также оценивать скорости откачки, предельный вакуум и коэффициент аккомодации криогенных откачных устройств.

Я. Заггер (Нидерланды) доложил об испытании откачивающих свойств криогенного насоса, охлаждаемого жидким азотом, при напуске газовых смесей. Показано, что откачка неконденсируемых газов в смеси с легко конденсируемыми не имеет практического значения, так как в этом случае скорость откачки неконденсируемых газов на четыре порядка ниже теоретической скорости откачки насоса.

Для получения жидкого гелия фирма «Линде» (ФРГ) разработала и серийно выпускает гелиевые криогенные установки типа VR-4 и VR-8, имеющие следующие характеристики:

	VR-4	VR-8
Производительность по жидкому гелию, л/ч	4	8
Хладопроизводительность в рефрижераторном режиме при 4,4°К, вт	15	30
Время запуска, мин	50	100
Мощность, потребляемая компрессором, квт	22	44

## Ядерное приборостроение в странах СЭВ

В октябре 1965 г. в ГДР состоялось 10-е заседание рабочей группы № 1 Постоянной комиссии СЭВ по использованию атомной энергии в мирных целях.

В работе заседания приняли участие специалисты НРБ, ВНР, ГДР, ИНР, СРР, СССР и ЧССР. Рабочая группа рассмотрела вопросы, касающиеся дальнейшего развития ядерного приборостроения, и выработала некоторые рекомендации. К очередному 9-му заседанию Постоянной комиссии СЭВ подготовлены и согласованы предложения по специализации и распределению производства радиометрических и дозиметрических приборов, предназначенных для служб радиационной безопасности, спектрометров, блоков и устройств электронно-физической аппаратуры, радиоизотопных релейных приборов и прочей аппаратуры. Разрабатывая предложения по распределению производства аппаратуры, специалисты руководствовались заинтересо-

ванностью отдельных стран, перечнем выпускаемых приборов и их техническими параметрами, а также примерными балансовыми данными по производству и потреблению приборов. В основу рекомендаций по специализации были положены результаты оценки технического уровня и примерные объемы в импорте отдельных типов приборов.

Совещание уделило большое внимание разработке рекомендаций по стандартизации. Были согласованы проекты перечней основных параметров дозиметрических и радиометрических приборов, основных параметров электронных блоков и устройств, терминологии и определений для радиоизотопных релейных приборов, а также их типы и основные параметры.

Кроме того, был рассмотрен проект плана координации научных и технических исследований по ядерному приборостроению на 1966—1967 гг. и по стан-

Все установки фирмы «Линде» могут быть использованы для непосредственного питания хладагентом криогенных высоковакуумных насосов большой пропускной способности.

Роли вакуумной технологии в имитации космического пространства был посвящен обзорный доклад С. Шумова (Франция). Этот доклад явился повторением его доклада, сделанного в Париже в 1964 г. на конференции по имитации космического пространства. Им же были доложены экспериментальные данные о непосредственных измерениях в верхних слоях атмосферы с помощью ракет и спутников.

В космическом пространстве вероятность возврата молекул на объект практически равна нулю, в камерах же, имитирующих космическое пространство, всегда существуют обратные молекулярные потоки. Анализ соотношений, необходимых для разработки камер, в которых обратный поток ничтожно мал, посвятил свое выступление Д. Веллас (США).

Ш. Гёрре (ФРГ) сделал сообщение о высоковакуумной лаборатории в Оттобруне, созданной для исследования третьей ступени носителя в вакуумных условиях, соответствующих космическим. Она включает в себя большую вакуумную камеру ( $\varnothing = 4$  м,  $h = 7$  м,  $P \approx 1 \cdot 10^{-6}$  торр) для исследования полного объекта, установку с гелием высокого давления, системы питания третьей ступени.

Проблемам вакуумной металлургии был посвящен доклад М. фон Арденне (ГДР). Автор более подробно остановился на развитии электронно-лучевой плавки. В ГДР сейчас разработали и освоили производство многокамерных электронно-лучевых печей для плавки сталей и сплавов мощностью 60—1700 квт; максимальный вес слитка от 50 кг до 11,4 т.

На секционном заседании было прочитано 10 докладов, посвященных различным аспектам получения в вакууме металлов с улучшенными характеристиками.

Дискуссии и непосредственные контакты с зарубежными коллегами были весьма полезными и плодотворными. Нам представляется, что официальное участие Советского Союза в Международном объединении по изучению, технологии и применению вакуума является желательным.

Ю. М. ПУСТОВОЙТ