

ние комплексообразования. Однако внимание, привлеченное А. В. Панкратовым к реакциям, связанным с элиминированием атома фтора, безусловно, поможет вскрыть новые особенности этих реакций комплексообразования с переносом атома фтора.

З. К. Никитиной и В. Я. Росоловским (Институт новых химических проблем АН СССР, Москва) получен новый фторид диоксогенила  $O_2Si_2F_{14}$  и в результате реакции  $O_2SiF_6$  с  $ClO_2F$ ,  $ClO_2$  и  $Cl_2O_6$  синтезирована соль с гетерокатионом  $ClO_2SiF_6$ , которая с избытком  $SiF_5$  дает  $ClO_2Sb_3F_{16}$ .

Несколько меньше, чем на I Симпозиуме в Новосибирске, было представлено докладов, посвященных исследованию комплексообразования в растворах. К наиболее значительным следует отнести доклад И. В. Тананаева и Т. В. Воротилиной (ИОНХ АН СССР), в котором сообщено о взаимодействии фтористого галлия с фторидами рутидия и цезия с образованием трех типов солей  $MGaF_5 \cdot 2H_2O$ ,  $M_2GaF_5 \cdot H_2O$  и  $M_3GaF_6$ .

В работе Р. А. Давидовича, Т. Ф. Левшиной и Т. А. Найденовой (Отдел химии ДВФ СО АН СССР) показано, что в солях  $MVO_2F_3$  группа  $VO_2$  имеет нелинейное строение. Ими также синтезировано два типа оксофторониобатов состава  $[M(H_2O)_6] \cdot [NbOF_5] \times$  ( $M-Co, Ni, Zn$ ) и  $[M(H_2O)_2] [NbOF_5] (M-Cd, Mn, Cu)$ .

В результате реакции  $ClF_3$  с хлоропроизводными палладия, иридия и родия синтезированы их оксофторокомплексы со щелочными металлами (С. В. Земсков, А. А. Опаловский и др. Институт неорганической химии СО АН СССР, Новосибирск). В работе Ю. В. Кокунова и В. А. Бочкаревой (ИОНХ АН СССР) получены новые данные о влиянии фторида цезия на процесс разложения оксофторидов вольфрама в спиртовых растворах, приводящем к отщеплению этоксогрупп

с образованием двух типов солей  $Cs_2WO_2F_4$  и  $Cs_3W_2O_4F_7$ .

Метод  $F^{19}$  — ЯМР высокого разрешения был применен И. Г. Ильиным и В. Д. Копаневым (ИОНХ АН СССР) для идентификации координационного полиэдра производных пентафторида тантала в растворе. Показано, что в комплексах  $TaF_5 \cdot L$  тантал имеет октаэдрическую конфигурацию, причем в ряду  $L = H_2O, (CH_3)_2SO, (CH_3)_2NCOH$  и  $C_2H_5OH$  наибольшее влияние на атом фтора в трансположении оказывает спирт.

Некоторые вопросы химической связи в неорганических фторидах, такие, как использование в связях  $2s$ - и  $2p$ -атомных орбит фтора, эффективные заряды на атомах фтора в многоатомных фторидах, роль  $3d$ -орбит центрального атома в образовании связей фторидов переходных элементов, стали предметом обсуждения в докладе М. Е. Дяткиной, Е. Л. Розенберга и Н. М. Клименко (ИОНХ АН СССР).

В заключительной общей дискуссии приняли участие И. В. Тананаев, Г. Б. Боккий, Н. С. Николаев, Ю. В. Гагаринский, А. Г. Бергман и другие. Были высказаны пожелания о необходимости развития исследований по химии летучих фторидов азота, фосфора, серы и др., которые представляют определенный интерес с точки зрения получения новых типов неорганических полимеров и диэлектрических материалов. Выступавшие в дискуссии обратили также внимание на малое число работ в области рентгеноструктурного анализа и термодинамики неорганических фторидов.

Третий Всесоюзный симпозиум по химии неорганических фторидов намечено провести в мае 1972 г. в Одессе.

Ю. А. БУСЛАЕВ

## V заседание международной группы связи по термоэмиссионному методу генерирования электроэнергии

Международная группа связи по термоэмиссионному методу преобразования энергии, созданная в 1966 г. при Евратоме, с 1969 г. работает под руководством двух международных организаций — МАГАТЭ и Евратома. С 1969 г. Советский Союз, а также Болгария и Румыния являются официальными членами группы связи. Ее основная цель — организация и развитие международного сотрудничества в области термоэмиссионного преобразования. Поэтому традиционными вопросами, рассматриваемыми на заседаниях группы, являются организация международных и содействие организации региональных конференций и совещаний по термоэмиссионным преобразователям (ТЭП), а также обмен текущей научно-технической информацией о работах по ТЭП в странах — участницах группы связи. С 1968 г. ведется разработка единой согласованной международной терминологии и символики. Эта работа, по-видимому, будет завершена в ближайшее время изданием перечня терминов и символов, рекомендуемых для использования в научных работах.

Упомянутые вопросы явились предметом обсуждения на V заседании группы связи, проходившем в Москве в феврале 1970 г. В заседании приняли участие ученые и специалисты СССР, США, Франции, ФРГ, Бельгии, Болгарии, Нидерландов, а также представители трех международных организаций. Новой, по нашему мнению, положительной организационной

особенностью заседания явилось выступление ведущих специалистов по ТЭП с публичными лекциями в научно-исследовательских институтах.

Хатсопулос (США) выступил с докладом о фундаментальных исследованиях процесса термоэмиссионного преобразования энергии. Г. Гровер из Лос-Аламосской национальной лаборатории (США) рассказал о принципах действия и конструирования тепловых (теплопередающих) труб и результатах их экспериментального исследования. О тепловых трубах и проблемах их живучести сообщил Х. Ной (Исследовательский центр в Испре). Он доложил также о результатах прецизионных экспериментальных исследований ТЭП. О состоянии разработок по ТЭП во Франции и ФРГ сделали доклады Девен и Лангпапе. Ф. Г. Бакшт (Институт полупроводников АН СССР) представил доклад об обобщенной теории термоэмиссионного преобразователя.

Результаты заседания группы связи подтвердили, что основной научно-технической задачей в области термоэмиссионного преобразования на современном этапе является создание действующих термоэмиссионных энергетических установок с использованием ядерных реакторов в качестве источника тепла. Поскольку многие сведения о существовании и состоянии работ уже известны (см. «Атомная энергия», т. 28, стр. 33, 1970, а также Proc. 4th Intersociety Energy Conversion



Engineering Conf. Washington, 1969), в настоящем сообщении будут изложены лишь новые данные о состоянии исследований по ТЭП.

Ученые США считают, что при создании крупной обитаемой орбитальной станции, запуск которой планируется на 1979—1980 гг., потребуется около 100 *квт* электрической мощности. Для этих целей разрабатывается ядерная энергетическая установка длительного действия с реактором-генератором термоэмиссионным, наземный прототип которой пройдет испытания в 1976—1977 гг. Скорее всего в этой установке будет использоваться реактор на быстрых нейтронах (окончательно тип реактора будет определен в 1970 г.). Электрогенерирующие каналы (ЭГК) гирляндного типа располагаются внутри активной зоны реактора. Эмиттером будет служить слой вольфрама с наиболее выгодной ориентацией кристаллографических поверхностей (преимущественно [110]), получаемый осаждением из газовой фазы, коллектор предполагается изготовить из Nb или Nb с покрытием из Mo. Испытательный стенд для этого реактора имеет значительный запас по тепловой мощности (до 3 *Мвт*) и позволит испытывать более мощные реакторы-генераторы. Корпус реактора также проектируется с таким расчетом, чтобы в нем можно было бы разместить активную зону либо быстрого реактора, либо реактора на тепловых нейтронах.

В течение 1969 г. в США в обоснование этих проектных проработок было проведено восемь реакторных испытаний электрогенерирующих термоэмиссионных элементов; к началу февраля 1970 г. велись испытания еще четырех сборок. Исследуются как экспериментальные диоды (преобразователи), не содержащие коллекторного узла с многослойной изоляцией, так и головные образцы с рабочими коллекторными узлами. В настоящее время максимальный ресурс экспериментальных диодов составляет 10 000 ч, головных одноэлементных — 5000, а головных трехэлементных (три диода, последовательно соединенные посредством внутренней коммутации) — 2500 ч.

В ФРГ правительственной программой предусматривается сооружение к 1974 г. термоэмиссионного реактора-преобразователя электрической мощностью около 20 *квт*. Проект этого реактора подробно описан в ряде работ\*. По проекту предполагается создание реактора на тепловых нейтронах с бустерной зоной, замедлителем из гидрида иттрия, с ЭГК гидридного типа, встроенными в активную зону. Термоэмиссионные элементы с эмиттером из поликристаллического вольфрама, осажденным из газовой фазы на молибденовую подложку, рассчитаны на получение удельной электрической мощности 4—4,5 *вт/см<sup>2</sup>*. При разработке проекта серьезное внимание обращается на проблему водорода. Водород может проникать из зоны расположения гидридного замедлителя через канал охлаждения и коллекторный узел в межэлектродный зазор и при наличии следов кислорода резко увеличивать скорость массопереноса с эмиттера на коллектор посредством лентморовского водяного цикла. Расчеты и эксперименты ученых показали, что для обеспечения ресурса диода в 10 000 ч парциальное давление водорода в диоде с вольфрамовым эмиттером не должно превышать  $1 \div 3 \cdot 10^{-6}$  *тор*. Для молибденовых эмиттеров требования примерно на порядок жестче. Продолжались испытания четырех диодов на стендах с электронагревом, причем к началу февраля 1970 г. диоды

проработали соответственно 16 000, 10 000, 6000 и 5500 ч. В реакторных испытаниях одиночного диода достигнут ресурс 3750 ч.

Во Франции усилия ученых и технологов до сих пор были направлены на создание работоспособного одиночного диода с индивидуальным цезиевым резервуаром на основе соединения цезий — графит. Достиженные успехи позволили перейти к рассмотрению схемы реактора, в котором используются разработанные диоды. Предполагается, что это будет тепловой реактор с водяным замедлителем и ЭГК гирляндного типа, встроенными в активную зону. Применение индивидуальных источников цезия в каждом диоде позволяет создать ЭГК с саморегулированием, в которых уменьшению подводимой тепловой мощности на 50% соответствует изменение к. п. д. лишь с 11 до 9%. В результате упрощается проблема выравнивания тепловыделения по высоте активной зоны и упрощается конструкция диодов и энергоустановки в целом.

В исследовательском центре Евратома в Испре (Италия) также проводились работы, направленные на создание термоэмиссионного реактора (реактор с ЭГК, вынесенными из активной зоны; теплопровод к эмиттерам предполагалось осуществить системой тепловых труб). Однако в связи с отсутствием финансирования эти работы в настоящее время прекращены.

Интерес участников заседания группы связи вызвали сообщения о теоретических и экспериментальных исследованиях по физике термоэмиссионного преобразования, проведенных в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова, в Институте полупроводников и других институтах; эти исследования известны советским читателям по последним публикациям. Особый интерес и дискуссию вызвали сообщения о разработках нашими учеными и инженерами экспериментальной реакторов-генераторов термоэмиссионных небольшой мощности. Эти реакторы на промежуточных нейтронах с замедлителем из гидрида циркония и жидкометаллическим охлаждением коллекторов, с горючим в виде двуокиси урана и эмиттерами из молибденового сплава отличаются схемой термоэмиссионных ЭГК. Рассматриваются каналы встроенного типа, в одном случае соединенные гирляндой, в другом — сплошные электрогенерирующие элементы на всю длину реактора с электрической коммутацией вне активной зоны. Успешно испытана в реакторе скоммутированная гирлянда из пяти термоэмиссионных элементов, которая проработала более 2000 ч при удельной мощности с поверхности эмиттера  $1,5 \div 2,0$  *вт/см<sup>2</sup>*. Испытания пятиэлементных ЭГК в других странах не проводились. Они показали реальность создания реактора-генератора термоэмиссионного.

На заседании должно быть также о работах советских ученых по ТЭП с большей удельной мощностью к эмиттерами из вольфрама.

Об экспериментальных исследованиях термоэмиссионных преобразователей сделали сообщения Орлинов (Болгария) и Глаас (Нидерланды). Участники заседания высказали предложения о целесообразности координации исследований по физике термоэмиссионных преобразователей с помощью группы связи.

Помимо работ по созданию реакторных термоэмиссионных энергетических установок ведутся работы по созданию ТЭП с другими источниками тепла. В ФРГ совместно с бельгийской фирмой «Унион миньер» создается изотопный термоэмиссионный генератор на окиси актиния. В 1969 г. были проведены лабораторные испытания двух термоэмиссионных модулей для этого генератора с использованием в качестве эмиттера

\* Например, см. «Атомная техника за рубежом», № 2, 4—9 (1970).



вольфрам-ренийевого сплава. Удельная электрическая мощность в течение 7500 ч составляла  $7 \text{ вт/см}^2$  при оптимальном межэлектродном зазоре, равном 0,09 мм. Во Франции фирмой «Томсон — Кампань сан фи» разрабатывается переносной термоэмиссионный генератор на энергии сгорания органического топлива. Передача тепла от камеры сгорания к термоэмиссион-

ному модулю осуществляется тепловой трубой. В качестве антикоррозийного покрытия тепловой трубы используется смесь дисилицида молибдена и карбида кремния. Единичный модуль проработал 200 ч при температуре эмиттера  $1350^\circ \text{C}$ .

Ю. И. ДАНИЛОВ, Д. В. КАРЕТНИКОВ

## Изотопы в гидрологии

В марте 1970 г. в Вене проходил организованный МАГАТЭ симпозиум «Изотопы в гидрологии». В Симпозиуме приняли участие 213 ученых из 44 стран.

Заслушанные на Симпозиуме 55 докладов посвящены проблемам естественных изотопов в гидрологическом цикле, определению возраста грунтовых вод с помощью углерода-14, использованию естественных и искусственных изотопов в исследовании поверхностных вод и наносов, разработке новых приборов и методов радиоактивных индикаторов и датирования.

Большой интерес вызвала проблема естественных изотопов в гидрологическом цикле. Р. Браун (Канада) привел обширный материал наблюдений за уровнем трития в атмосферных осадках за 16-летний период, а также данные о распределении трития в четырех реках Канады. Изучен механизм переноса трития с атмосферной влагой, отмечены сезонные вариации трития и вычислено среднее время пребывания трития в стратосферном резервуаре.

Несколько докладов посвящено установлению зависимости между содержанием дейтерия в снеге и в осадках (исследовано изменение изотопного состава образцов снега в зависимости от их возраста) и изучению обмена дейтерием между льдом и водой применительно к гляциологическим исследованиям. В ледниках Исландии наибольшие вариации дейтерия наблюдаются за последние пять-шесть лет, в то время как в более ранних образцах вариации сглажены.

Важному вопросу изучения движения воды в ненасыщенной зоне грунта с высокой и низкой водопроницаемостью с помощью естественного трития уделил внимание Д. Смит (Великобритания). Изучение распределения трития по глубине в природных моделях, сложенных различными горными породами (меловые, глинистые), дало возможность вычислить скорость проникновения воды вниз, равную  $0,88 \text{ м/год}$  в меловой модели.

Несколько докладов содержат результаты исследования водного баланса озер путем измерения концентрации естественных стабильных и радиоактивных изотопов, а также путем использования метода меченых сред. Изотопные методы используются в исследовании движения грунтовых вод, определении областей питания бассейна, общего направления движения грунтовых вод для решения вопроса о водных ресурсах в засушливых районах Турции (Ф. Сентюрк).

Доклад И. Дала (Норвегия) посвящен способу измерения влагозапаса в снежном покрове с вертолета и при наземных измерениях по поглощению снегом  $\gamma$ -излучения естественной радиоактивности. Этот способ был разработан в Советском Союзе и теперь находит применение в различных странах. В Норвегии таким образом измеряется толщина снежного покрова в горной местности.

Три из пяти докладов по проблеме определения возраста грунтовых вод радиоуглеродным методом содержат обоснование надежности радиоуглеродного метода и учет углеродного обмена в водоносном горизонте.

Ф. Пирсон (США) изучил возраст вод по радиоуглероду в различных географических зонах с разным литологическим составом (минеральные источники, грунтовые воды, неминеральные источники).

Методы, основанные на использовании естественных изотопов, позволяют решить некоторые важные практические вопросы на местах — определение источников питания резервуаров, роль испарения, направление общего потока вод в резервуарах и т. д., т. е. вопросов, важных при решении проблемы водных ресурсов. Такой подход применительно к конкретным районам Франции, Сахары, Южной Африки и т. д. продемонстрирован в нескольких докладах.

Результатам теоретических и экспериментальных исследований поверхностных вод и наносов с помощью радиоактивных индикаторов (главным образом разработке определения расхода воды) посвящено несколько докладов.

Определенный интерес вызвали доклады о скважинных методах и ядерных приборах. Следует отметить доклад А. Зубера (Польша) о диффузионном методе исследования подземных вод, доклады о приборах для определения влажности грунтов и стока по измерениям в лаборатории и полевых условиях, а также доклады по односкважинным методам определения направления и скорости движения подземных вод. Доклад В. И. Ферронского и Б. И. Кровопускова (СССР) посвящен комбинированию радиоактивного картожа с пенетрацией грунтов для изучения ненасыщенных и насыщенных зон.

В нескольких докладах приводится описание важных для практики способов исследования просачивания воды из водохранилищ и каналов. Е. Маковский (Польша) описал способ определения места утечки воды из водохранилища по уменьшению радиоактивности равномерно распределенного по дну слоя изотопа. С помощью этого способа удалось выявить места повреждения некоторых частей противодиффузионного слоя и затем и самой плотины на одном из водохранилищ в Польше. Для аналогичных целей французские специалисты применили метод битумных эмульсий.

А. Зубер (Польша) привел описание прибора для определения скорости потока через выбранный участок дна, основанный на методе превращения медленного потока в быстрый поток в трубке небольшого диаметра. Этот способ дает возможность измерять скорость потока до  $5 \cdot 10^{-7} \text{ см/сек}$ .

В докладе А. И. Данилина (СССР) описаны исследования по определению скорости движения фронта промачивания на участках оросительной системы с помощью нейтронного влагомера. Проведено более 40 тыс. измерений. Ширина зоны увлажнения грунта до максимальной влагоемкости составила около 20 м, скорость движения волны влажности, близкой к полной влагоемкости, составила  $0,3-0,53 \text{ м/сутки}$ . Данные доклада имеют практическое значение для строительства и эксплуатации оросительных систем.