

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ СССР

Атомная
Энергия

Ежемесячный журнал
год издания двенадцатый

АТОМИЗДАТ ■ МОСКВА ■ 1968

Том 25 ■ Октябрь ■ Вып. 4

Главный редактор
М. Д. МИЛЛИОНЩИКОВ

Заместители главного
редактора:

Н. А. ВЛАСОВ, Н. А. КОЛОКОЛЬЦОВ

Редакционная коллегия:

А. И. АЛИХАНОВ, А. А. БОЧВАР, А. П. ВИНОГРАДОВ, И. Н. ГОЛОВИН,
Н. А. ДОЛЛЕЖАЛЬ, А. П. ЗЕФИРОВ, В. Ф. КАЛИНИН, А. К. КРАСИН,
А. И. ЛЕЙПУНСКИЙ, В. В. МАТВЕЕВ, М. Г. МЕЩЕРЯКОВ, П. Н. ПАЛЕЙ,
Д. Л. СИМОНЕНКО, В. И. СМЕРНОВ, В. С. ФУРСОВ, В. В. ШЕВЧЕНКО.

СОДЕРЖАНИЕ

СТАТЬИ

- В. Б. Осипов, Р. В. Джагацянцян, А. С. Штань,
В. М. Симонов, С. В. Мамикоян, Л. Д. Солодихина,
Д. П. Бодров, С. В. Голубков, Ю. Г. Ляскин.
Радиационный сульфохлоратор РС-2,5 271
- Г. Н. Баласанов, Д. Я. Суражский, Б. А. Чумаченко,
А. А. Дерягин, Е. П. Власов. Использование мате-
матических методов при поисках месторождений
урана 274
- А. А. Шолохов, В. Е. Минашин. Теплообмен при про-
дольном течении жидкости в пучках стержней 280
- Б. Н. Селиверстов, А. И. Ефанов, Ю. М. Быков,
П. А. Гаврилов, Л. В. Константинов. Некоторые
вопросы приложения статистических методов
к задачам оперативного исследования кинети-
ческих характеристик реакторов 287
- В. И. Голубев, Н. Д. Голяев, А. В. Звонарев, М. Н. Зи-
нин, Ю. Ф. Колеганов, М. Н. Николаев, М. Ю. Ор-
лов. Распространение нейтронов в двуокиси
урана 292
- Часть I. Пространственно-энергетические распре-
деления 292
- Л. П. Абагян, В. И. Голубев, Н. Д. Голяев, А. В. Зво-
нарев, Ю. Ф. Колеганов, М. Н. Николаев,
М. Ю. Орлов. Распространение нейтронов в дву-
окиси урана 297
- Часть II. Допплер-эффект на U^{235} 297
- А. И. Громова, И. К. Морозова, В. В. Герасимов. Влия-
ние облучения на электрохимическое поведение
конструкционных материалов 302
- Р. А. Беляев, Ю. И. Данилов, С. А. Фураев. Корро-
зия длинномерных изделий из окиси бериллия в
газовых влагосодержащих потоках 305
- А. Ф. Настоящий. О функции распределения электро-
нов в неоднородной слабоионизованной плазме 308

АННОТАЦИИ ДЕПОНИРОВАННЫХ СТАТЕЙ

- Р. В. Джагацянцян, В. Б. Осипов, Л. Д. Солодихина,
Ю. Г. Ляскин, А. И. Гершенович. Опыт эксплуа-
тации радиационно-химического сульфохлорато-
ра РС-2,5 314
- В. Б. Осипов, Л. Д. Солодихина, Д. П. Бодров,
В. М. Симонов, Р. В. Джагацянцян. Применение
кассет сферической формы для создания протяж-
енных облучателей опытно-промышленных и промыш-
ленных радиационно-химических установок 315
- Э. И. Кузнецов. Время жизни заряженных частиц в
плазме на установке «Токамак ТМ-3» 315
- Н. С. Мартынова, И. В. Василькова, М. П. Сусарев,
С. С. Толкачев. Термографическое и рентгено-
структурное изучение системы $UCl_4 - KCl - NaCl$ 316
- В. Ф. Баранов, О. А. Павловский. О прохождении
электронов через вещество 317
- П. П. Зольников, Е. Г. Голиков, К. А. Суханова,
Б. Л. Двинянинов. Отражение тормозного излу-
чения бетатрона барьерами из различных матери-
алов 318
- П. А. Фефелов. Исследование влияния излучений
на прочность стеклопластиков 318

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

- В. Б. Осипов, В. П. Гутеев, Р. В. Джагацянцян,
А. И. Гершенович, С. В. Голубков. Техничко-эконо-
мические аспекты радиационного способа произ-
водства сульфоната 320
- Н. Т. Чеботарев, А. В. Безносикова. Исследование
структуры соединения $CaUF_6$ 321
- Б. П. Пritchett. К динамике выделения накопленного
радиона при нагревании горной породы 324

235307



На секции по стоимости горючего для реакторов на тепловых нейтронах было представлено восемь докладов. О практике обращения с ядерным горючим компании «Гидроэлектрик Пауэр Комишн оф Онтарио» доложил Г. Фанджой (Канада). Детально рассмотрены вопросы покупки горючего, его использования и извлечения, методика исчисления топливной составляющей стоимости электроэнергии, системы контрактов на поставку сырья и изготовление твэлов. Компания развивает собственные методы определения режима прохождения горючего по топливному циклу, начиная с определения технических и конструктивных особенностей при проектировании. До пуска в эксплуатацию завода по химической переработке облученного горючего стоимость этого горючего принимается равной нулю. Существенные регенерации облученного горючего и возврат в топливный цикл накопленного плутония и оставшегося урана приведет к снижению топливной составляющей стоимости электроэнергии для тяжеловодных реакторов с 0,063 до 0,038 *цента/квт·ч*. А. Джонсон (Великобритания) большое внимание уделил различным гарантиям на ядерное горючее. Эти вопросы вследствие различных интересов поставщиков горючего и его покупателей имеют важное значение, поскольку при частном владении, как правило, нет третьей стороны, способной разрешить спор. При разработке гарантий УАЭ Великобритании ориентируется на интересы покупателей. А. Джонсон рассмотрел металлургические и другие виды разрушений и отметил, что гарантии должны учитывать интересы как поставщиков горючего, так и тех, кто использует его. Центральное энергетическое управление Великобритании еще не приняло решения о приемлемости разработанных УАЭ гарантий по горючему для практики.

В докладах Р. Козна и др. (Канада), К. Ринальдини и др. и П. Луизо (Италия) были рассмотрены технико-

экономические вопросы использования плутония в тепловых реакторах. Цена плутония определялась через его энергетическую ценность по сравнению с U^{235} с учетом затрат на изготовление твэлов и химическую переработку облученного горючего. Экономике использования тория, урана и плутония в тепловых высокотемпературных газоохлаждаемых реакторах были посвящены доклады Дж. Шлессера и С. Брандеса (ФРГ), а в тяжеловодных реакторах типа CIRENE — доклад П. Вендитти и Г. Кардози (Италия).

На секции по стоимости горючего для быстрых реакторов было представлено пять докладов. Л. Герман и М. Эглем (Бельгия) провели сравнительную оценку энергетической и экономической ценности различных изотопов урана и плутония в реакторах на быстрых нейтронах. В докладе М. Эглема и др. (Бельгия) была показана важность короткого топливного цикла для быстрых размножителей. Д. Гупта и П. Зелк и др. (ФРГ) провели исследования влияния времени выдержки и условий транспортировки облученного горючего быстрых размножителей на стоимость электроэнергии. Х. Лартикью (Мексика) представил доклад о влиянии времени переработки и полного интеграла облучения горючего на экономику быстрых размножителей.

На симпозиуме были затронуты все теоретические, методические и практические вопросы экономики ядерного горючего. Наиболее трудными и интересными вопросами, вызвавшими оживленную дискуссию, оказались вопросы учета фактора времени в экономических исследованиях, вопросы оптимизации характеристик реактора и топливного цикла в целом, вопросы гарантий ядерного горючего. Второй (после Лондонского 1967 г.) симпозиум по экономике ядерной энергетики способствовал более углубленным технико-экономическим исследованиям и оптимизации в этой области.

В. В. БАТОВ

Исследования в области переработки облученного топлива

В конце февраля 1968 г. по инициативе ЧССР в Карловых Варах был проведен симпозиум по переработке облученного топлива. В симпозиуме приняли участие представители стран — членов СЭВ: НРБ, ВНР, ГДР, ПНР, СРР, ЧССР, а также представители СФРЮ, не являющейся членом СЭВ; всего более 70 человек.

На пленарном заседании были заслушаны обзорные доклады о современном состоянии переработки ядерного горючего как водными, так и неводными методами, о состоянии работ по удалению высокоактивных отходов и доклад по вопросам экономики переработки облученного топлива.

Затем состоялись секционные заседания по водным и неводным методам (30 докладов). Обзорный доклад по водным методам был сделан В. Шраером (ЧССР), который уделил особое внимание перспективам использования реакторов на быстрых нейтронах и связанным с этим проблемам переработки топлива.

Экономика процессов переработки была освещена в докладе М. Корсовой (ЧССР). По ее мнению, для экономического сопоставления водных и неводных процессов в настоящее время нет еще достаточных данных. Разработанные водные процессы могут быть применены и для переработки горючего быстрых реакторов.

В докладе В. Б. Шевченко (СССР) был дан обстоятельный анализ особенностей, которые возникают при

разработке и применении методов регенерации топлива быстрых реакторов. Эти особенности связаны главным образом с очень высоким уровнем активности и необходимостью быстрого возвращения плутония в цикл. По данным, приведенным в докладе М. Ф. Пушленкова (СССР), посвященном обзору состояния и перспективам экстракционной технологии, следует, что уже в настоящее время возможно использование аппаратов с малым временем контакта фаз для переработки высокоактивных растворов.

Чехословацкий ученый И. Пека осветил современный мировой уровень в области переработки облученного ядерного горючего неводными методами.

Двадцать докладов было посвящено вопросам, связанным с химией водных процессов облученного топлива. В частности, в докладах В. М. Вдовенко с сотрудниками и В. С. Шмидта с сотрудниками (СССР) были освещены вопросы состояния солей аминов, применяемых для экстракции урана и плутония, и показано влияние специфических взаимодействий в органической фазе на экстракционную способность солей аминов. В докладе Б. Н. Ласкорина (СССР) приведены основные закономерности экстракции урана фосфиноксидами.

Некоторые доклады были посвящены применению неорганических ионообменников для очистки водных растворов, например фосфата циркония (В. Пекарек и В. Веселы, ЧССР) и магнетита (А. Руварац, СФРЮ).

Доклад М. Кырша с сотрудниками (ЧССР) был посвящен выделению Cs^{137} из водных растворов. Авторы осветили теорию ионообменных и экстракционных методов выделения цезия и ее приложения к конкретным задачам.

И. Сайдл (ЧССР) рассмотрел вопросы захоронения высокоактивных отходов. Автор пришел к выводу, что в условиях Чехословакии отходы целесообразнее хранить в твердом виде. Для этой цели очень перспективным представляется использование базальтов для отверждения отходов.

Методы отделения стронция, циркония, ниобия и рутения были приведены в обзорном докладе М. Бездека и др. (ЧССР). В. Коуржим (ЧССР) сообщил о подготовке процесса удаления Cs^{137} и Sr^{90} из отходов после химической обработки ядерного горючего.

Вопросы определения степени выгорания ядерного горючего радиохимическими методами освещены в докладе Т. Зеленай, В. Смулека (ПНР) и Й. Кртила, М. Бездека (ЧССР).

Данные об изучении разделения редких земель различными методами в течение последних десяти лет привели Й. Алекса, Э. Коларжик и Н. Шисткова (ЧССР).

Некоторые доклады [С. М. Карпачевой с сотрудниками (СССР), Б. Строе, А. Толича, В. Павасовича (СФРЮ), А. Толича и А. Чермака (СФРЮ — ЧССР)] посвящены экстракционной аппаратуре для радиохимических производств в условиях дистанционного обслуживания.

На секции неводных методов переработки ядерного горючего было представлено девять докладов, которые касались вопросов переработки облученного горючего реакторов на быстрых нейтронах методами галогенирования.

Работа симпозиума проходила в дружеской обстановке. В ближайшее время материалы симпозиума будут изданы.

В. М. ВДОВЕНКО

Международный симпозиум по радиоэлектронике и защите от излучений

В марте 1968 г. в Тулузе (Франция) был проведен Международный симпозиум по радиоэлектронике и защите от излучений. В работе симпозиума приняла участие около 250 ученых и специалистов из 23 стран и от двух международных организаций (МАГАТЭ и Евратома).

Из 139 докладов было заслушано 90, остальные представлены для кратких дискуссий. Тематика докладов: полупроводниковые детекторы; детекторы, основанные на ионизации и возбуждении; электронные цепи, связанные с детекторами; измерение радиоактивности окружающей среды; аэрозоли и дозиметрическая физика. Большинство докладов касалось частных разработок методического характера или усовершенствования техники измерения, 13 докладов представляли обзоры с изложением современного состояния проблемы.

В докладах, посвященных полупроводниковым детекторам, рассмотрены вопросы получения исходных монокристаллов с очень высоким удельным сопротивлением, вопросы разработки полупроводниковых детекторов на основе новых материалов, например теллурида кадмия, и увеличение чувствительного объема детекторов до 100 см^3 (Франция). Были приведены данные об энергетическом разрешении, полученном на спектрометрах с Ge(Li)-детекторами: $1,2 \text{ кэВ}$ для γ -излучения Co^{57} , $2,8 \text{ кэВ}$ для Co^{60} (Швеция) и $0,96$ для Co^{57} (Франция). Существенное улучшение разрешающей способности спектрометров с полупроводниковыми детекторами стало возможным благодаря значительному снижению уровня шума предусилителей. Во Франции, например, для германиевого детектора в сочетании с полевым транзистором получено значение $0,6 \text{ кэВ}$, а в США изготовлен предусилитель с уровнем шума $0,28 \text{ кэВ}$.

В отдельных докладах дается сравнительная оценка полевых транзисторов на основе кремния и германия. Для получения предельно низкого уровня шума входного каскада предусилителя авторы рекомендуют применять полевые транзисторы из германия (при этом охлаждая их до $10-20^\circ \text{ К}$) и из кремния, хотя и имеющие больший уровень шума, но не требующие охлажде-

ния (оптимальная температура, при которой уровень шума минимален, составляет всего 100° К).

Несколько докладов было посвящено использованию полупроводниковых детекторов для решения конкретных методических задач. Предложен метод определения содержания Rn^{222} в воздухе при помощи поверхностно-барьерного детектора с чувствительной площадью 3 см^2 как наиболее перспективный из всех прямых методов измерения концентрации радона в воздухе (ПНР). Сообщено об использовании полупроводниковых детекторов в дозиметрии нейтронов и исследовании времени восстановления облученных полупроводниковых диодов (Франция) и об использовании техники полупроводниковой спектрометрии для оценки характеристик образцовых источников излучения (СССР).

Большой интерес вызвали доклады об ионизационных камерах с жидким диэлектриком. Исследование физических характеристик камер и оценка их практического применения проводятся в ядерном центре Тулузского университета. Разработаны и изготовлены малогабаритные камеры объемом 1 см^3 (Франция). Новым достижением за последнее время следует считать использование жидкостных ионизационных камер для определения качества смешанного излучения. Интенсивные работы в области исследования жидкостных ионизационных камер ведутся также в ПНР и Италии. В СССР такие работы ведутся в Московском инженерно-физическом институте.

На симпозиуме были обсуждены методы совершенствования термолуминесцентных дозиметров, повышения их чувствительности и точности измерений. Новым является нагревание люминофора с помощью горячего инертного газа (азота) в процессе снятия кривой высвечивания (США). Преимущество этого метода — в хорошем контакте между нагревателем (газ) и люминофором.

Результаты исследований радиоактивных аэрозолей были представлены на симпозиуме в трех аспектах: физика и механика аэрозолей, методы анализа и радиометрии, аппаратура для измерения концентрации радиоактивных аэрозолей. Дальнейшее развитие получили исследования диффузии аэрозольных частиц. Практи-