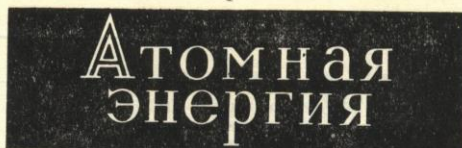


Ж 53
A92

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ СССР



Ежемесячный журнал
ГОД ИЗДАНИЯ ТРИНАДЦАТЫЙ

АТОМИЗДАТ ■ МОСКВА ■ 1968

Том 25 ■ Ноябрь ■ Вып. 5

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. Б. ШЕВЧЕНКО

СОДЕРЖАНИЕ

СЕДЬМОЙ КОНГРЕСС МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ (секция «Атомные электростанции»)		355
А. П. Александров. Ядерная энергетика и ее роль в техническом прогрессе		356
С. М. Фейнберг. Атомные электростанции		363
А. И. Лейпунский, И. И. Африкантов, О. Д. Казачковский, В. В. Орлов, М. С. Пинхасик, М. Ф. Троянов. Развитие ядерной энергетики с реакторами на быстрых нейтронах в СССР		380
Н. А. Доллежал, Ю. И. Корякин. Некоторые вопросы работы АЭС в энергосистемах		387
А. И. Чурин, В. А. Клячко, Ю. И. Корякин, Г. М. Соловьев, А. А. Логинов, В. В. Рыбачев. Совмещение крупных атомных электростанций с опреснительными установками		394
А. И. Лейпунский, И. И. Африкантов, И. С. Головин, Ф. М. Митенков, В. В. Орлов, М. С. Пинхасик, А. А. Ринейский, В. В. Стекольников, М. Ф. Троянов, В. И. Ширяев. Атомная электростанция с реактором БН-600		403
В. В. Стекольников, В. А. Сидоренко, В. П. Татарников, Б. С. Язвенко, В. П. Денисов. Атомная электростанция с двумя реакторными блоками мощностью по 440 Мвт (2 × 440 Мвт)		408
Рефераты иностранных докладов секции «Атомные электростанции»		416
АННОТАЦИИ ДЕПОНИРОВАННЫХ СТАТЕЙ		
Н. С. Николаев, А. Т. Садигова. Комплексные соединения гексафторида урана с фторидами щелочных металлов (Сообщение первое)		422
В. А. Храмченков. Радиолиз смесей насыщенных и ароматических фторуглеродов		423
В. Н. Смирнов, М. И. Ушкова, А. М. Новиков. Использование изотопа Te^{125m} качестве источника рентгеновского излучения		424
Е. М. Войнов, Г. Д. Ефремова, Н. А. Колокольцов. Теоретическое и экспериментальное исследование естественной конвекции газа в замкнутом контуре		425
Б. В. Окулов. О зависимости интенсивности тормозного излучения от энергии ускоренных электронов		426
С. А. Чурин. Расчет матричным методом спектрально-угловых характеристик излучения внутри плоских барьеров		426
ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ		
Ю. А. Шуклюков, Г. Ш. Ашкенадзе. Определение константы скорости спонтанного деления U^{235} по накоплению изотопов ксенона в урановых минералах		428
А. В. Безносикова, Е. С. Смотряцкая, Н. Т. Чеботарев. Структура соединения PuPd		430
Н. Т. Чеботарев, Ю. Н. Сокурский, М. А. Андрианов, А. А. Иванов. Магнитная восприимчивость сплавов плутония с палладием		431
Л. В. Павлинов. Диффузия урана в титан-молибденовых сплавах		434
А. А. Лукьянов, С. А. Эль-Вакиль. Многоуровневое описание энергетической структуры нейтронных сечений		435
Ф. Насыров. Средние по спектру нейтронов деления сечения реакций $(n, 2n)$, (n, p) , (n, α)		437
Э. Т. Шипатов, Б. А. Кононов. Энергетическое распределение протонов с энергией 6,72 Мэв, прошедших через монокристаллы		439
В. Н. Байер, В. А. Хоае. Эффекты рассеяния частиц внутри пучков поляризованных электронов в накопителях		440
А. М. Кольчужкин, В. В. Учайкин. К расчету прохождения γ -излучения через неоднородный барьер		442
В. Д. Виленский, В. В. Емельянов. Концентрация Si^{32} в атмосфере		444

235408



РГ

подвижных свинцовых диафрагм и ионизационной камеры, расположенной между коллиматором и диафрагмами. Каждая пара диафрагм раздвигается от оси пучка во взаимно перпендикулярных направлениях, позволяя формировать прямоугольные поля рентгеновского излучения любого размера в пределах, ограниченных размером отверстия в коллиматоре. Поворотом блока диафрагм в пределах 90° можно ориентировать выбранное поле в плоскости облучения. Для наблюдения за размером и ориентацией поля облучения служит световой имитатор поля и механический центратор, смонтированный на головке.

При работе ускорителя сигналы с ионизационной камеры через интегрирующие блоки поступают в пересчетную схему дозатора, выполненного на декатронах. Дозатор позволяет делать набор и отчет дозы рентгеновского излучения в пределах $0,5-3000$ *p* или включать ускоритель на заданное время в пределах $0,2-1000$ *сек.*

В результате всестороннего испытания ускорителя было установлено, что наилучшие параметры электронного пучка получаются при расчетных режимах работы всех систем ускорителя.

Поворотный магнит рентгеновской головки рассчитан на пропуск без потерь электронов с энергией, отличающейся не более чем на $\pm 5\%$ от номинальной. Этому условию удовлетворяют до 80% всех ускоренных электронов. Величина среднего тока ускоренных электронов на мишени рентгеновской головки достигает 75 *мкА*. Размеры поперечного сечения пучка электронов на мишени $6-8$ *мм*.

В этом режиме работы ускорителя измеренная величина интенсивности фильтрованного тормозного излучения от золотой мишени составляет более 200 *p/мин* на расстоянии 1 м от мишени. Изменение интенсивности излучения (за 1 ч работы ускорителя)

не превышает $\pm 4\%$. При уменьшении числа импульсов электронного тока с 500 до 250 или 125 в 1 *сек* соответственно снижается и интенсивность тормозного излучения.

Исследование распределения интенсивности (равномерности мощности дозы) по полю облучения, относительных глубинных доз и измерение полутеней на глубине 5 и 10 *см*, проведенное в водном фантоме, дало удовлетворительные результаты при полях от 4×4 до 15×15 *см* в плоскости, отстоящей на расстоянии 1 м от мишени.

Описанный выше ускоритель — первый из трех ускорителей такого типа, находящихся в клиниках Советского Союза, — был установлен в 1965 г. в радиологической клинике Центрального института усовершенствования врачей, где были изучены его дозиметрические характеристики, проведены клинические испытания, подтверждены определенные преимущества его по сравнению с гамма-лучевой кобальтовой установкой при лечении некоторых злокачественных новообразований. Более двух лет ускоритель успешно используется для лучевой терапии. В течение дня на нем проводится $25-30$ сеансов облучения.

В настоящее время в Научно-исследовательском институте электрофизической аппаратуры им. Д. В. Ефремова ведется подготовка к созданию для медицинских целей нового ускорителя электронов, подобного вышеописанному, но значительно меньших габаритов и на энергию электронов до 10 *МеВ*.

В заключение необходимо отметить, что большой вклад в создание ускорителя внесли Ф. Ф. Новиков, А. Н. Семенов, В. Х. Хохлов, Ю. Ф. Чичикалов, А. И. Грызлов, И. М. Кириллов и др.

В. М. ЛЕВИН, В. В. РУМИНЦЕВ

Гамма-облучатель на основе отработанных твэлов реактора ВВР-М

В Институте физики АН УССР была поставлена задача создания мощной гамма-установки на базе отработавших твэлов реактора ВВР-М. Предварительно определили мощности доз γ -излучения в хранилище отработанных твэлов. Было выявлено, что в водном объеме хранилища имеются зоны с достаточно высокой интенсивностью γ -излучения ($200-300$ *рад/сек* в тканеэквивалентной пластмассе, $400-550$ *рад/сек* в свинце).

Для формирования локальных областей с повышенной интенсивностью γ -излучения разработали специальную облучательную установку (см. рисунок). Установка состоит из центрального облучательного канала и обечайки, разделенной на шесть секторов. В каждом секторе размещаются три твэла в сборке или отдельно. Высота обечайки 700 *мм*, максимальный диаметр сменных облучательных каналов 60 *мм*, высота канала ~ 4 *м*, так что срез канала размещается над уровнем воды, под крышкой хранилища. В сектор облучателя были помещены 18 свежевыгруженных из активной зоны реактора твэлов, проработавших в зоне в среднем около двух лет. В дальнейшем предполагается, что эти твэлы будут размещаться в облучателе, а затем после использования источников излучения устанавливаться в реконструированной решетке на постоянное хранение. Облучение можно

проводить либо в сухом канале, либо непосредственно в центральной водной полости облучателя.

Для изучения распределения мощностей доз по глубине облучательного канала использовали калориметр интегрального теплового потока — термодивергатор. Были изготовлены три термодивергатора с чувствительностью $0,164$; $18,2$ и $50,7$ *мВ/см* с внутренней полостью соответственно $\varnothing 10 \times 10$, $\varnothing 10 \times 10$ и $\varnothing 6 \times 16$ *мм*. Мощность дозы, создаваемой γ -излучением отработанных твэлов по оси облучательного канала, измерялась в образцах свинца, меди, графита и полимерного материала $C_6H_6N_6O_4$. Результаты измерений представлены в табл. 1. Характер распределения мощностей доз аналогичен распределению тепловых нейтронов по высоте активной зоны реактора и, очевидно, соответствует распределению концентрации накопленных осколков деления в отработанных твэлах. Отношение абсолютных значений мощностей доз в различных материалах позволяет оценить среднюю энергию спектра γ -излучения в облучательном канале с помощью энергетической зависимости массовых коэффициентов поглощения энергии γ -излучения [1]. Вероятное значение средней энергии γ -излучения ограничено интервалом $0,4-1,5$ *МеВ* [2]. Средняя величина энергии γ -излучения на уровне середины

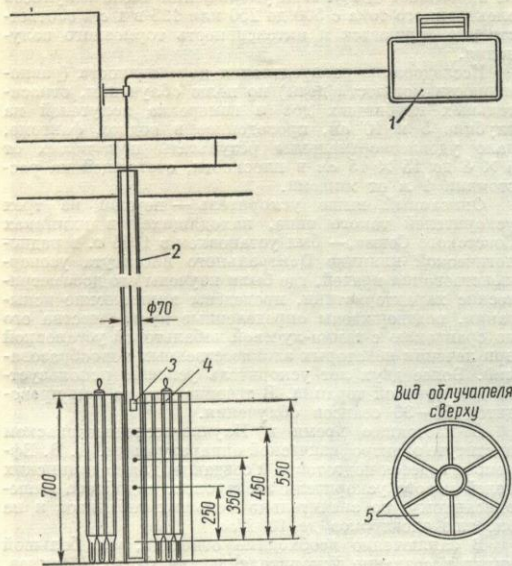


Схема гамма-облучателя с дозиметрическим устройством в зоне облучения:

1 — вторичный прибор; 2 — канал; 3 — термодивергатор; 4 — сборка твэла; 5 — полости для твэлов.

длины твэла имеет значение около 0,74 Мэв и у его концов $0,9 \pm 0,1$ Мэв. Более жесткий спектр на краях облучателя объясняется тем, что от центральной области с наиболее высокой концентрацией осколков деления в формировании результирующего γ -спектра на расстояниях, сравнимых с длиной среднего пробега мягких γ -квантов, принимают участие более жесткие γ -кванты. Непрерывные измерения мощностей доз в течение полутора месяцев показали довольно значительное снижение интенсивности дозных полей в облучательном канале, особенно в начальный период. В табл. 2 представлено снижение этих абсолютных

Таблица 1
Мощность поглощенной дозы и средняя эффективная энергия поглощенных γ -квантов в различных материалах в зависимости от положения образцов по высоте облучателя

Материал	Образец		Положение R, мм	Мощность дозы D_m , рад/сек	D_m/D_{Pb}	Средняя энергия \bar{E} , Мэв
	Вес, г	Габариты, мм				
Pb	3,73	$\varnothing=5$ $h=16$	50	850	1,0	0,9
			350	1950	1,0	0,74
			550	1000	1,0	0,85
Cu	3,631	$\varnothing=5$ $h=16$	50	420	0,495	0,735
			350	960	0,49	0,73
			550	575	0,575	0,85
C	0,732	$\varnothing=6$ $h=15$	50	565	0,66	0,93
			350	1050	0,54	0,75
			550	580	0,580	0,82
C _a H _b N _c O _d	0,678	$\varnothing=6$ $h=15$	50	610	0,72	1,0
			350	1050	0,54	0,735
			550	655	0,655	0,88

значений мощностей доз во времени. Мощность дозы уменьшается вдвое в свинце за 27 дней, в меди — за 25 дней и в полимере — за 20 дней. Это согласуется с известными данными о снижении активности продуктов деления урана [1, 2]. Кроме того, полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что с течением времени спектр γ -излучения становится более мягким, что также согласуется с расчетными данными, полученными пятигрупповым методом [2]. Количественные оценки снижения величины средней энергии γ -спектра по описанной выше методике показывают, что за месяц эта величина уменьшается на 0,1 Мэв.

Созданная гамма-установка по интенсивности дозного поля аналогична существующим мощным кобальтовым установкам, а по эффективному объему значительно превосходит их. Достаточно сказать, что на

Таблица 2
Изменение величины мощности дозы и средней эффективной энергии γ -излучения, поглощенного в различных материалах, в течение месяца

Образец	Величины	Февраль					1 марта
		1	3	7	17	28	
Pb	D , рад/сек	2020	1830	1720	1290	995	990
	\bar{E} , Мэв	0,73	0,725	0,705	0,69	0,65	0,635
Cu	D , рад/сек	985	940	860	630	455	420
	\bar{E} , Мэв	0,73	0,75	0,75	0,73	0,69	0,65
C _a H _b N _c O _d	D , рад/сек	1075	960	820	590	450	440
	\bar{E} , Мэв	0,73	0,70	0,66	0,65	0,63	0,62

созданной установке в водном фантоме объемом 2000 см³ скорость поглощения энергии γ -излучения составляет 20 *вт* или $1,25 \cdot 10^{14}$ *Мэв/сек*. Не представляет трудности создание аналогичного гамма-облучателя с еще большей интенсивностью и большим эффективным объемом, а также с более равномерным распределением дозного поля в облучательном объеме. Спектральная характеристика γ -излучения в зоне облучения в отличие от кобальтовых источников близка к спектру реакторного γ -излучения, во всяком случае по величине средней эффективной энергии. Это обстоятельство представляет большой интерес для проведения научно-

исследовательских облучений, в первую очередь для радиобиологических исследований.

В. С. КАРАСЕВ, С. С. ОГОРОДНИК, Ю. Л. ПОГЛИН,
Ю. А. ПЫБУЛЬКО, И. М. ГОРБАЧ, В. А. СЕМЕНОВ,
И. А. ДУРИЦКИЙ, В. Д. ПОПОВ

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Гольдштейн. Основы защиты реакторов. М., Госатомиздат, 1961.
2. Л. Р. Римель, В. П. Машкович. Защита от ионизирующих излучений. М., Атомиздат, 1966.

Сцинтилляционный влагомер-плотномер для полевых изысканий

Радиометрические методы определения влажности и плотности почво-грунтов находят все более широкое применение в практике почвенно-мелиоративных, инженерно-геологических и агрономических исследований. В настоящее время во многих странах изготавлиются полевые (переносные) скважинные нейтронные влагомеры и гамма-плотномеры.

ВНИИ радиационной техники на основе научно-исследовательских работ ВНИИ гидротехники и мелиорации (ВНИИГМ) разработал комплект сцинтилляционного влагомера-плотномера для определения влажности и плотности почво-грунтов при полевых изысканиях по скважинам диаметром 73—108 мм. Конструктивно аппаратура оформлена таким образом, что приборы, установленные на автомобиле, в труднодоступных местах можно переносить на необходимое расстояние вместе с автономным блоком питания.

Сцинтилляционный влагомер-плотномер состоит из зонда нейтронного влагомера, зонда гамма-

гамма-плотномера, датчика гаммаскопического плотномера, в который входят зонд и контейнер с источником γ -излучения, регистрирующей аппаратуры и блока питания (рис. 1). Он комплектуется также эталонно-транспортными контейнерами и набором имитаторов влажности и плотности, с помощью которых представ-

Р и с. 1. Регистрирующая аппаратура и зонды сцинтилляционного влагомера-плотномера:

а — регистратор импульсов на декадронах; б — регистратор импульсов с двумя счетными декадами и электромеханическим счетчиком МЭС-54; в — интенсиметр; г — блок питания; д — зонд нейтронного влагомера; е — зонд гамма-гамма-плотномера; ж — зонд гаммаскопического плотномера; 1 — корпус зондов; 2 — ФЭУ-13; 3 — детектор медленных нейтронов типа ЛДНМ-II-7; 4 — (Pu + Be)-источник быстрых нейтронов; 5 — кабель; 6 — кристалл NaJ(Tl); 7 — вольфрам; 8 — гамма-источник (Cs¹³⁷); 9 — штанги гаммаскопического плотномера; 10 — спектрометрический кристалл NaJ(Tl); 11 — реперный источник γ -излучения (Ra²²⁶); 12 — источник γ -излучения (Co⁶⁰); 13 — свинцовый коллиматор.

