

УДК 539.12.08

А. И. СЛАДКОВА, О. Б. ЛИКИН, Н. Ф. ПИСАРЕНКО,  
В. В. РАТНИКОВ, И. А. САВЕНКО

## ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОГЛОЩЕННЫХ ДОЗ НА АВТОМАТИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ «ПРОГНОЗ»

В статье описывается дозиметрический прибор, установленный на спутниках серии «Прогноз». Приведено описание ионизационных камер, использованных в приборе, и метод их градуировок.

Программа научных экспериментов на спутниках «Прогноз» включала дозиметрические наблюдения в межпланетном космическом пространстве. Проводилось прямое измерение поглощенных доз в космическом пространстве в спокойное время и во время солнечных вспышек на протяжении длительного времени.

Особенно важно было оценить значение максимальных доз, которые могут быть получены в конкретных условиях космического полета во время очень крупных вспышек. Оценки таких доз, проведенные ранее на основании анализа некоторых косвенных данных для наиболее крупных вспышек (23 февраля 1956 г., 10 мая 1959 г., 12—16 ноября 1960 г.), показали очень широкий диапазон возможных значений доз за вспышку: от 100 до 1000 рад [1, 2]. Между тем уточнение этого значения весьма существенно, так как даже небольшое изменение значения дозы, например на фактор 2, в подобных условиях может приводить к критическому значению. С другой стороны, в настоящее время весьма трудно делать иные, кроме статистических, предположения о величине и соответственно о радиационном эффекте любой очень крупной вспышки. Заранее мы не можем исключить при этом катастрофически большие, хотя и очень редкие, явления.

Прибор ИК-2П для измерения поглощенных доз на спутниках «Прогноз» включал в себя две ионизационные камеры и газоразрядный счетчик.

Достоинством ионизационного метода является относительно слабая зависимость отношения ионизационного тока к поглощенной энергии при регистрации различных видов излучений в широком энергетическом диапазоне. Это особенно важно при регистрации смешанного излучения, каким и является излучение в космическом пространстве.

Оптимальным вариантом решения задачи дозиметрии космического излучения является измерение не только поглощенной дозы, но и спектра линейных потерь излучения, создающего данную дозу.

В комплексе научной аппаратуры, установленной на борту спутников «Прогноз», имелись приборы, измеряющие спектральные и другие характеристики разных видов космического излучения. Использование этой информации наряду с данными по поглощенной дозе позволяет решить эту задачу. Для оценки состава дозы по энергетическим потерям заряженных частиц в описываемом приборе использован газоразрядный счетчик. Отношение поглощенной дозы к числу частиц, зарегистрированных счетчиком, дает информацию о среднем значении энергетических потерь в измеряемом излучении.

На ИСЗ «Прогноз» в качестве датчиков поглощенной дозы используются две ионизационные камеры с электростатическим реле, подробно описанные в [3, 4, 5].

Сама камера представляет собой либо сферический (камера А), либо цилиндрический со сферическим основанием (камера Б) баллон из тканеэквивалентной пластмассы. На рис. 1 показана камера типа А. Внутренняя поверхность баллона покрыта тонким слоем (<1 мк) серебра и выполняет роль одного из электродов камеры. Второй электрод (собирающий) укреплен в центре камеры на янтарном изоляторе. В таблице даны некоторые характеристики камер.

Внутренняя поверхность баллона покрыта тонким слоем (<1 мк) серебра и выполняет роль одного из электродов камеры. Второй электрод (собирающий) укреплен в центре камеры на янтарном изоляторе. В таблице даны некоторые характеристики камер.

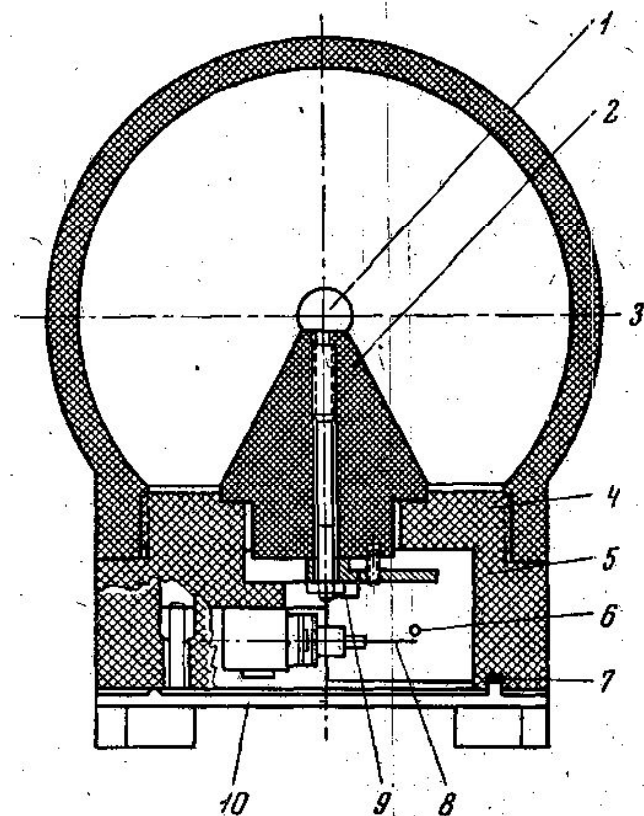


Рис. 1. Ионизационная камера А. 1 — собирающий электрод, 2 — янтарный изолятор, 3 — сферический корпус камеры, 4 — соединение, 5 — основание, 6 — золоченый контакт, 7 — прокладка, 8 — нить, 9 — вывод, 10 — крышка

Тип камеры	Объем, см <sup>3</sup>	Толщина стенки, мм	Давление, атм
А	245	6	10
Б	54	5	2

Для наполнения камеры газом (аргоном) в основании камер имеется герметично закрываемый канал.

Система контактов электростатического реле расположена в нижней полости и герметично отделена от основного объема камеры.

Контактами электростатического реле являются платино-серебряная нить длиной 10 мм и позолоченный штырь, смонтированные на янтарном изоляторе (см. рис. 1).

Принцип работы электростатического реле основан на использовании электростатических сил, возникающих между контактами реле при появлении между ними разности потенциалов. Подвижный контакт — нить — соединен с источником питания, другой контакт — с собирающим электродом камеры. При включении источника питания емкость электростатического реле и камеры начнут заряжаться, между контактами появится разность потенциалов. Нить под действием электростатических сил притягивается к неподвижному контакту и при достижении порогового значения разности потенциалов контакты электро-

статического реле замкнутся. В этот момент потенциалы контактов сравниваются, собирающий электрод зарядится до напряжения источника питания, и нить под действием сил упругости и электростатического отталкивания займет свое исходное положение.

При наличии в камере ионизационного тока заряд на собирающем электроде будет нейтрализоваться. Между контактами реле снова появится разность потенциалов, нить будет притягиваться к коллектору до тех пор, пока контакт не замкнется, далее цикл зарядки камеры

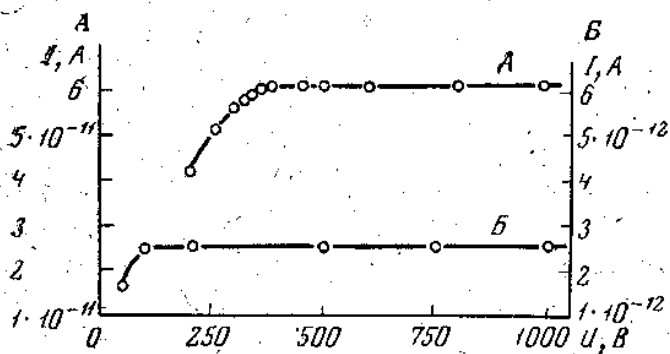


Рис. 2. Вольтамперные характеристики камер

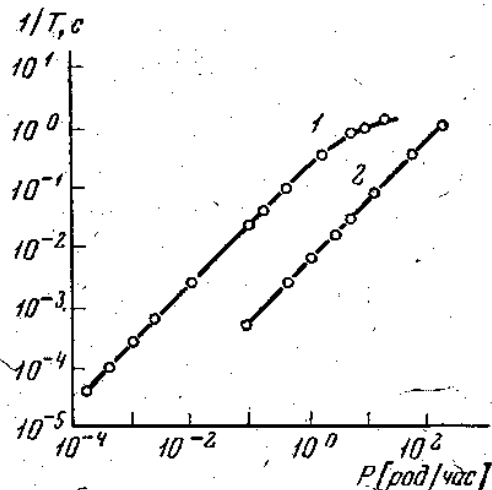


Рис. 3. Зависимость ионизационного тока от мощности дозы: 1—в камере типа А, 2—в камере типа Б

повторится. Величина изменения заряда  $Q$  на собирающем электроде за время одного цикла  $T: Q = C\Delta U$ , где  $C$  — емкость камеры, а  $\Delta U$  — изменение напряжения на камере, равное порогу срабатывания реле.

В момент замыкания контактов электростатического реле на входном сопротивлении регистрирующей схемы возникают импульсы напряжения, а так как величина протекающего через камеру ионизационного тока  $I = Q/T$ , частота импульсов пропорциональна току.

Газоразрядный счетчик ОСТ-5 окружен со всех сторон защитой из пластмассы толщиной 5 мм, таким образом, в него проникает то же излучение, что и в камеры.

Все три датчика размещены в одном блоке под кожухом 0,1 см А1. Счет числа импульсов с каждого датчика осуществляется пересчетной схемой. Опрос камеры А происходит приблизительно один раз в 20 мин, а камеры Б и счетчика СТС-5 один раз в 65 мин.

Камеры градуировались в единицах поглощенной дозы (рад) с помощью эталонного источника  $Ra^{226}$ . Градуировочный коэффициент  $K$  мрад/имп вычислялся из выражения

$$K = \frac{A\gamma\Delta t\alpha}{R^2}$$

где  $A$  — активность источника (м Ки·ч),  $\gamma$  — постоянная для  $Ra^{226} = 8,4$  рад·см<sup>2</sup>/(м Ки·ч),  $R$  — расстояние между источником и центром камеры (см),  $\Delta t$  — интервал времени между срабатываниями электростатического реле (ч),  $\alpha$  — безразмерный коэффициент приведения поглощенной дозы к воздуху, равный отношению удельной ионизации в воздухе и в аргоне.

На рис. 2 представлены вольтамперные характеристики камер, полученные при облучении  $\gamma$ -лучами  $\text{Ra}^{226}$ . Ионизационный ток измерялся с помощью электрометрического усилителя. Как видно из рис. 1, начиная с  $U=400$  В (для камеры А) и  $U=100$  В (для камеры Б) в камерах обеспечивались условия полного собирания заряда. Учитывая, что напряжение между электродами камер изменяется от  $U$  до  $U-\Delta U$ , где  $\Delta U \leq 300$  В — порог срабатывания электростатического реле, рабочее напряжение на камерах обоих типов было равно 1000 В.

Прибор оснащен камерами двух типов, чтобы обеспечить измерения поглощенной дозы в широких пределах изменения мощностей доз. Ограничение больших мощностей доз происходит, во-первых, из-за неспособности нити электростатического реле колебаться с частотой больше 2 Гц и, во-вторых, из-за рекомбинаций в газе при большой плотности ионизации. Ограничение малых мощностей доз накладывают токи утечки через сопротивление изоляции, здесь также играют роль практические соображения удобства измерения интервалов времени между срабатываниями электростатического реле.

Определение диапазонов измерений проводилось с источниками  $\text{Cs}^{137}$  активностью 500 мг-экв  $\text{Ra}$  и 11,8 мг-экв  $\text{Ra}$  на расстояниях 6–700 см. При использовании этих источников возможно было обеспечить изменение мощности дозы от  $2 \cdot 10^{-4}$  до 100 рад/ч.

На рис. 3 представлена зависимость величины  $1/T$ , пропорциональной ионизационному току, от мощности дозы для камер обоих типов.

Как видно из рис. 3, ток в камере типа А пропорционален мощности дозы вплоть до 1 рад/ч. Ток утечки для камеры типа А соизмерим с током, создаваемым в камере излучением мощностью дозы  $3,6 \cdot 10^{-4}$  рад/ч. Кривая 2 на рис. 3 получена для камеры типа Б, наполненной аргоном до давления 1 атм. Для такой камеры насыщение не наступает вплоть до значений мощности дозы 100 рад/ч.

В приборе, установленном на спутниках «Прогноз-1» и «Прогноз-2», камера была заполнена  $\text{Ar}$  до давления 2 атм, что давало возможность проводить измерения по крайней мере до 50 рад/ч.

Таким образом, камера А обеспечивает измерение поглощенных доз от  $\sim 10^{-3}$  до 1 рад/ч. При большей мощности дозы (до 50 рад/ч) информация о поглощенной дозе поступает с камеры Б. В указанных интервалах градуировочные коэффициенты сохраняют свои значения (мрад/имп) приведенные ниже

	Для «Прогноза-1»	Для «Прогноза-2»
Камера А	0,6	0,8
Камера Б	13	33

Погрешность указанных величин не превышала  $\pm 10\%$ . При такой чувствительности максимальная скорость срабатывания для камеры А составляет 2,2 с/имп, для камеры Б — 0,9 с/имп, т. е. меньше 2 Гц.

Перед установкой на спутнике камеры проходили длительные испытания на стабильность в различных условиях эксплуатации. Как показали испытания, градуировочные коэффициенты сохраняют свое значение в пределах  $\pm 20\%$ .

Прибор ИК-2П был установлен на спутниках «Прогноз-1» (запущен 14 апреля 1972 г.) и «Прогноз-2» (запущен 29 июня 1972 г.). Орбиты спутников эллиптические, с наклоном  $65^\circ$ ; апогеем  $\sim 200\,000$  км и перигеем 500–1000 км. Период обращения спутников вокруг Земли равен  $\sim 4$  сут. Прибор был расположен во внутреннем гермоотсеке спутника так, что минимальная толщина защиты в одной четверти пол-

ного телесного угла составляла  $1,4 \text{ г/см}^2 \text{ Al}$ . В остальной части телесного угла защита изменялась от  $\sim 3$  до  $\sim 20 \text{ г/см}^2 \text{ Al}$  для различных направлений. Таким образом, прибор измерял локальную поглощенную дозу радиации внутри контейнера под минимальной защитой  $1,4 \text{ г/см}^2 \text{ Al}$ .

За период с апреля по август 1972 г. большую часть времени прибор регистрировал спокойную радиационную обстановку с незначительными отклонениями от среднего уровня поглощенной дозы, равной  $25 \text{ мрад/сутки}$ , и средней скорости счета по СТС-5, равной  $22 \text{ имп/с}$ . Среднее значение энергетических потерь в спокойные периоды составило  $3,5\text{—}4 \text{ МэВ/(г/см}^2)$ . Наблюдались возрастания поглощенной дозы 28—31 мая, 8—10 июня, 23—28 июля и 3—12 августа, причем самым значительным было последнее.

Более подробные данные будут представлены в дальнейших публикациях.

В заключение выражаем благодарность лицам, помогавшим при разработке и градуировке прибора.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Snyder J. W. J. of Spacecraft and Rockets, 4, No. 6, 1967.
2. French F. W. J. of Spacecraft and Rockets, 7, No. 7, 1970.
3. Neher H. V. Rev. Sci. Instr., 24, No. 2, 1953.
4. Антонова И. А. и др. «Геомagnetизм и астрономия», 14, 1964.
5. Anderson H. R. et al. Nucl. Instr. Meth., 47, No. 1, 1967.

Поступила в редакцию  
14.7 1973 г.

НИИЯФ