

ном поле (одна из величин $\lambda^2(\omega')$ или $\lambda^2(\omega - \omega')$ меньше нуля, а другая больше нуля) с изменением частоты волны. В двух последних случаях эффективно излучает лишь узкий цилиндр вблизи траектории.

Из формулы (1) видно, что разложение ведется по безразмерным параметрам (см. (4))

$$\alpha_i(\omega) = \frac{1}{\varepsilon_i(\omega) E_i(\omega)} \sum_{j,k} \int \alpha_{ijk}(\omega, \omega') E_j(\omega - \omega') E_k(\omega') d\omega'.$$

С учетом того, что дисперсия нелинейных коэффициентов $\alpha_{ijk}(\omega, \omega')$ в оптическом интервале частот мала [2] и что основной вклад дает поле релятивистской частицы на расстояниях порядка $1/\lambda(\omega)$, параметры разложения $\alpha_i(\omega)$ можно приближенно представить в виде

$$\alpha_i(\omega) \approx e\lambda^2(\bar{\omega}) \sum_{j,k} \alpha_{ijk}(\omega, \bar{\omega}) n_j(\omega, \bar{\omega}) n_k(\omega, \bar{\omega}),$$

где $\bar{\omega}$ — некоторая средняя частота в черенковском интервале частот, $n_k(\omega, \bar{\omega})$ — безразмерные величины порядка 1. Для релятивистских частиц $v \sim c$ и значение $\omega \sim 5 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{сек}}$, откуда

$$\alpha_i(\omega) \sim 10 \sum_{j,k} \alpha_{ijk}(\omega, \bar{\omega}) n_j(\omega, \bar{\omega}) n_k(\omega, \bar{\omega}).$$

Для известных одноосных кристаллов значения величин $\alpha_{ijk}(\omega, \omega')$ в рассматриваемом диапазоне частот достигает 10^{-6} ед. CGSE, что дает оценку $\alpha_i(\omega) \sim 10^{-5}$, т. е. учет нелинейности приводит к эффектам, на несколько порядков большим квантовых поправок.

Авторы благодарны Б. М. Болотовскому и В. Б. Гостеву за полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болотовский Б. М. «Успехи физич. наук», 62, 201, 1957; 75, 295, 1961.
2. Бломберген Н. Нелинейная оптика. М., «Мир», 1966.

Поступила в редакцию
2.7 1969 г.

Кафедра
квантовой теории

УДК 621.039.564

Б. М. МАХМУДОВ, В. Л. МАДУЕВ

ИЗМЕРЕНИЕ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ КОСМИЧЕСКОЙ РАДИАЦИИ НА СПУТНИКЕ «КОСМОС-228»

На искусственном спутнике Земли «Космос-228» была установлена радиометрическая аппаратура для исследования космического излучения на малых высотах. Аппаратура состояла из сцинтилляционного счетчика, ионизационной камеры, газоразрядных счетчиков типа СИ-ЗБГ и СБТ-9 (5 шт.), три из которых были снабжены магнитными анализаторами электронов.

Частью программы эксперимента спутника «Космос-228» являлись дозиметрические измерения на трассе полета спутника. Доза измерялась по энерговыделению в кристалле CsI(Tl) сцинтилляционного счетчика, а также ионизационной камерой и счетчиком СИ-ЗБГ.

Сцинтилляционный счетчик, состоящий из кристалла CsI(Tl) диаметром 10 мм, толщиной 1,7 мм за алюминиевой фольгой толщиной 10 мкм ($\sim 2 \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2}$) имел геометрический фактор $G \approx 1 \text{ см}^2 \cdot \text{стер}$ при полном геометрическом факторе кристалла $G \approx 0,8 \text{ см}^2$. Счетчик был расположен снаружи приборного контейнера и измерял сум-

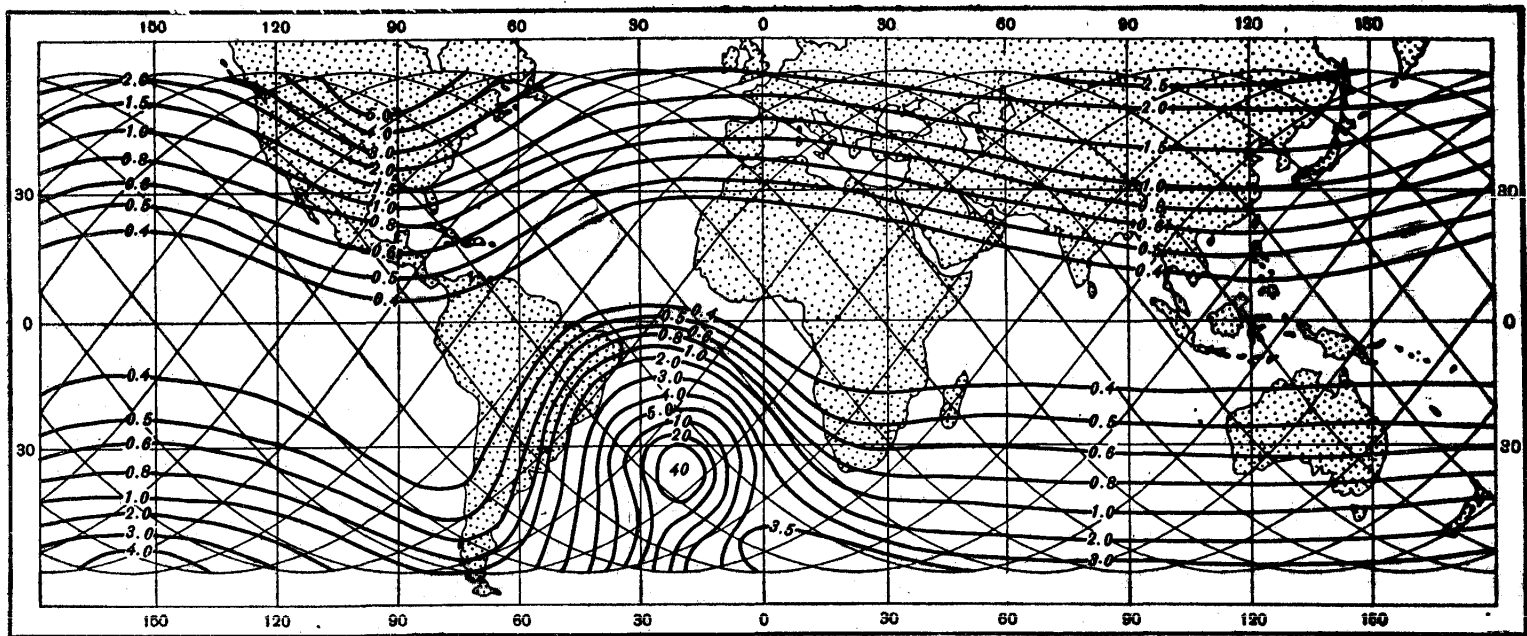


Рис. 1. Карта географического распределения интенсивности излучения регистрируемого счетчиком СИ-ЗБГ за защитой $1 \text{ г} \cdot \text{см}^{-2}$ (част. $\text{см}^{-2} \cdot \text{сек}$)

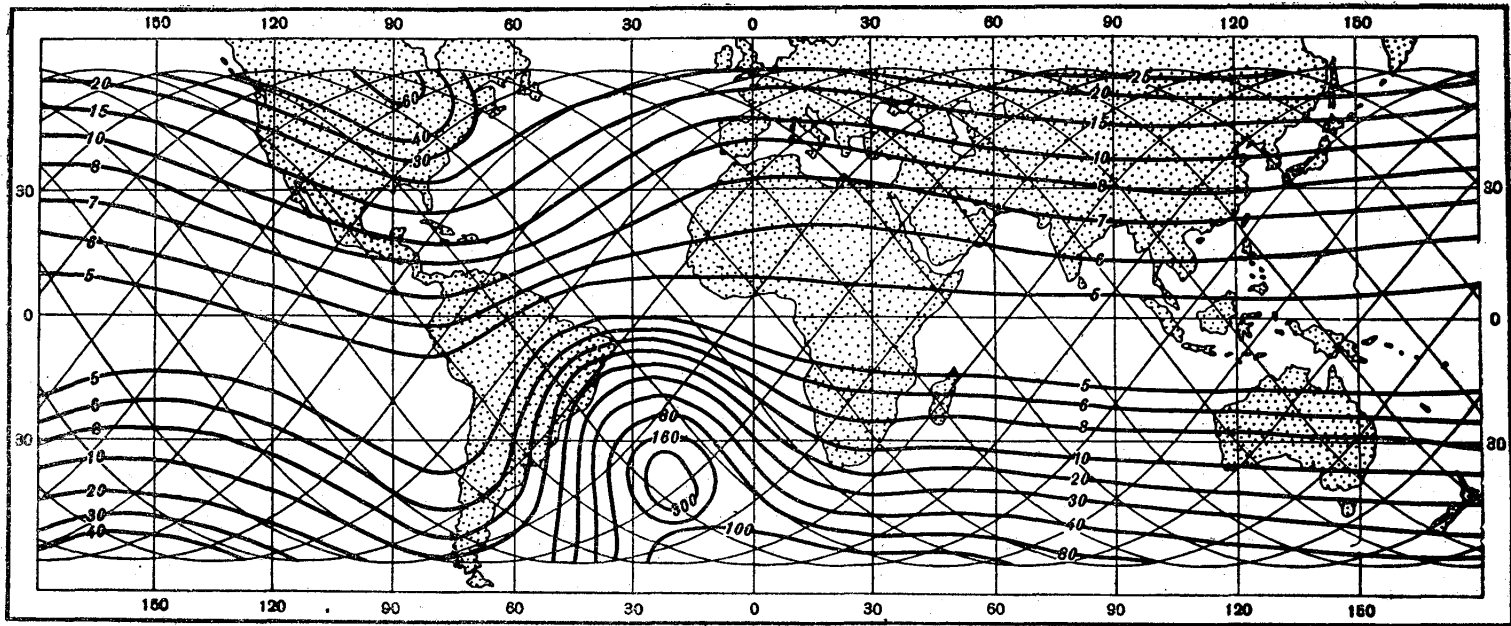


Рис. 2. Карта географического распределения мощности поглощенной дозы в кристалле CsJ(Tl) за защитой ~ 10 мкм ($\text{мрад} \cdot \text{сутки}^{-1}$)

марное энерговыделение в кристалле и скорости счета по трем энергетическим порогам ($E > 40$ кэв, $E > 300$ кэв и $E > 5$ Мэв). Счетчик СИ-ЗБГ и ионизационная камера были расположены внутри спутника за минимальной защитой ~ 1 г.см⁻². Более подробные сведения об аппаратуре содержатся в [1].

Интенсивность, зарегистрированная счетчиком СИ-ЗБГ, представлена на географической карте линиями равной интенсивности (рис. 1).

Общий характер и особенности расположения линии равных интенсивностей для высот 205—265 км за защитой ~ 1 г.см⁻² (А1) хорошо согласуются с ранее выполненными измерениями [2, 3] с учетом разницы высот и отличия в толщине защиты.

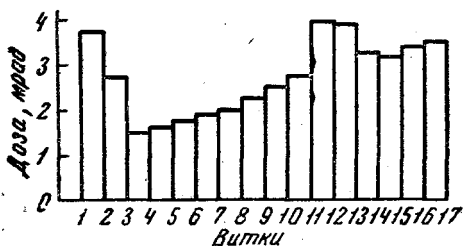


Рис. 3. Гистограмма интегральных витковых доз, мрад

На рис. 2 представлена поглощенная доза в виде изодоз, соответствующая мощности энерговыделения в сцинтиляционном кристалле. Наличие защиты толщиной 10 мкм не меняет решающим образом географического распределения мощности поглощенной дозы для исследуемых высот [4].

Сопоставление данных газоразрядного и сцинтиляционного счетчиков показывает, что геомагнитное образование первичных космических лучей продолжает играть определяющую роль в географическом распределении мощности поглощенной дозы на малых широтах.

В большей части приэкваториальной области мощность дозы ~ 5 мрад·сутки⁻¹. Наибольшие мощности дозы до ~ 300 мрад·сутки⁻¹ получены на 10—30° западной долготы, вблизи широт 30—50° S в районе Бразильской магнитной аномалии. На долготах — 30—80° вблизи широты $\sim 51^\circ$ S также дают некоторый вклад в регистрируемую мощность дозы энергичные электроны внешнего радиационного пояса.

Этот вклад на других долготах меньше вкладов космических лучей.

Добавочное увеличение мощности дозы в южном полушарии получается за счет того, что там находится апогей орбиты и спутник поднимается на 50—60 км выше, чем в северном полушарии и попадает во внешнюю зону радиации. На рис. 3 приводятся интегральные дозы вдоль траектории спутника.

Витки пронумерованы в соответствии с рис. 2, причем второй виток начинается при широте 0 и 9° западной долготы.

Из приведенного рисунка видно, что наибольшая поглощенная доза, равная 3,9 мрад, была на 12-м витке. Однако при многодневном полете спутника по аналогичной траектории некоторые витки, имеющие близкое к ним расположение, могут несколько превзойти это значение по поглощенной дозе за счет более длительного нахождения спутника в области внутреннего радиационного пояса в районах Бразильской магнитной аномалии. Наименьшее значение поглощенной дозы $\sim 1,5$ мрад получено на 3-м витке. Рисунок 4, на котором вдоль участка траектории спутника представлены мощность дозы, интенсивность, регистрируемая счетчиком СИ-ЗБГ, и потоки протонов с энергией $E > 5$ Мэв и электронов с энергией $E \approx 120$ кэв (показания 3-го порога ФЭУ и магнитного анализатора), показывает, что основной вклад в поглощенную дозу вносили протоны с энергией $E > 5$ Мэв, принадлежащие к радиационным поясам.

Авторы благодарят П. В. Вакулова за ценные советы и помощь в работе.

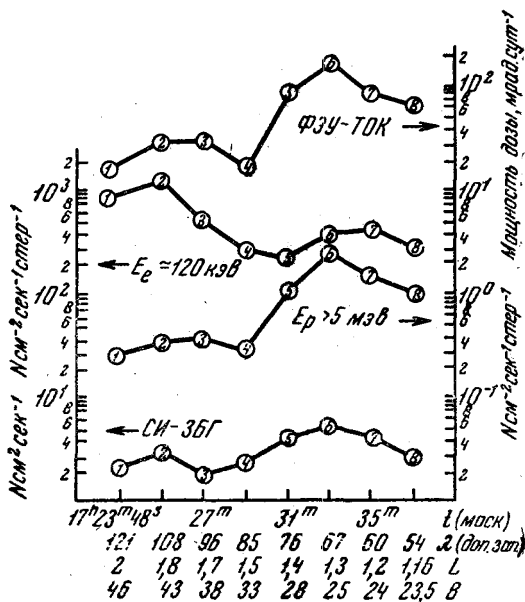


Рис. 4. Показания датчиков радиометрической аппаратуры на одном из участков полета спутника «Космос-228» 21 июня 1968 г. Точки, намеченные одинаковыми цифрами, идентичны во времени и пространстве

1. Мадуев В. Л., Махмудов Б. М., Писаренко Н. Ф. «Вестн. Моск. ун-та», физ., астрон., № 4, 25, 1969.
2. Савенко И. А., Писаренко Н. Ф., Шаврин П. И. Сб. «Искусственные спутники Земли», вып. 9, 71, 1961.
3. Савенко И. А., Писаренко Н. Ф., Шаврин П. И. Сб. «Искусственные спутники Земли», вып. 13, 81, 1962.
4. Вакулов П. В. Реферат канд. диссертации. НИИЯФ МГУ, 1965.

Поступила в редакцию
30.9 1969 г.

НИИЯФ

УДК 537.591

М. А. ЗЕЛЬДОВИЧ, О. М. КОВРИЖНЫХ, М. О. МАДЕЕВ, И. А. САВЕНКО

УВЕЛИЧЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ПРОТОНОВ, ИЗМЕРЕННОЕ НА ИСЗ «ПРОТОН-3»

Прибором СЭЗ-13, установленным на ИСЗ «Протон-3», 7 июля 1966 г. в 4 час 58 мин московского времени было зарегистрировано увеличение интенсивности протонов в диапазоне энергий от 100 до 1000 Мэв. По предварительным данным, интегральный спектр солнечных протонов имеет вид $N \sim E^{-1.5}$.

Оптическая вспышка балла 2В началась в 0023 ИТ 7 июля, достигла максимума в 0036 ИТ и продолжалась около двух часов. Эта вспышка с координатами N 36 и W 48 сопровождалась всплеском рентгена и радиоизлучениями второго и четвертого типов. С помощью нейтронного монитора ст. Дип. Ривер были зарегистрированы небольшое увеличение интенсивности в 0130 ИТ 7 июля и форбуш-понижение, начавшиеся в 2300 ИТ 8 июля. 7 июля 1966 г. в стратосфере над Северной Скандинавией Херичи и др. [1] с помощью нескольких гейгеровских счетчиков зафиксировали возрастание потока протонов с энергией 100 Мэв.

В работе В. В. Баяревич и А. Н. Чарахчян [2] сообщается об измерении солнечных протонов в стратосфере над Антарктической обсерваторией «Мирный» 7 июля 1966 г. Интегральный спектр протонов был измерен в период с 0821 ИТ по 0842 ИТ в интервале энергий от 100 до 250 Мэв. Спектр имел вид

$$N_p(>E) = 1,3 \cdot 10^5 E^{-2,4} \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}.$$

В данной статье приводятся результаты измерений вспышки солнечных протонов 7 июля 1966 г. с помощью аппаратуры, установленной на искусственном спутнике Земли «Протон-3». ИСЗ «Протон-3» был запущен в 15 час 45 мин по московскому времени 6 июля 1966 г. на околоземную орбиту с апогеем 630 км, перигеем 190 км и наклоном орбиты 64°. ИСЗ «Протон-3» не имел прибора, специально предназначенного для измерения протонов низких энергий. Поэтому данные о солнечной вспышке 7 июля были получены как побочный результат работы прибора СЭЗ-13, основным назначением которого являлся поиск кварков в первичных космических лучах за пределами атмосферы [3].

Прибор СЭЗ-13 состоит из 12 пропорциональных счетчиков, образующих телескоп. Суммарное количество вещества для частиц, проходящих в телесном угле прибора равно $11,5 \text{ г/см}^2$, что позволяет регистрировать протоны с энергией $>100 \text{ Мэв}$. Протоны могли попадать в угол зрения телескопа с двух противоположных направлений, но с одного из них прибор экранировался всей массой, которая составляла около 500 г/см^2 . Для калибровки в аппаратуре СЭЗ-13 предусматривалась регистрация частиц с единичным зарядом (протонов). Четырехкратное совпадение импульсов в пропорциональных счетчиках выделяет момент прохождения частицы через телескоп. При измерении протонов импульсы совпадения поступают на формирователь, с которого подаются на счетное устройство емкостью 2^{18} [3]. Момент возникновения импульса калибровки регистрируется счетным устройством.

Интенсивность протонов рассчитывалась по формуле $I = \frac{2^{18}}{t \cdot \Gamma}$, где t — время, за которое набирается 2^{18} импульсов совпадения, Γ — $5000 \text{ см}^2 \cdot \text{стер}$ — геометрический фактор. Время t определяется с точностью до $\Delta t = 0,15 \text{ мин}$. 7 июля 1966 г. в 4 час 58 мин московского времени было зарегистрировано увеличение интенсивности прото-