

ПОЛОЖЕНИЕ КОСМИЧЕСКОГО ЭКВАТОРА В ОБЛАСТИ НУЛЛЕВОГО МЕРИДИАНА

ЮРАЙ ДУВИНСКИ (JURAJ DUVINSKY), Кошице,
ПАВЕЛ ХАЛОУПКА (PAVEL CHALUPKA), Кошице,
ТАДЕУШ КОВАЛСКИ (TADEUSZ KOWALSKI), Варшава

I

В результате действия магнитного поля Земли на заряженные частицы первичного космического излучения возникает несколько эффектов (эффект Долгота, западно-восточный эффект и широтный...). Все эти эффекты были хорошо объяснены в настоящее время уже классической теорией Штермера, касающейся заряженных частиц космического излучения в магнитном поле идеализированного диполя Земли [1].

При более подробном изучении широтной зависимости оказалось, что измеренные величины не соответствуют точно предсказанным теорией [2]. По теории Штермера минимум интенсивности космического излучения на определенных меридианах (т. наз. экватор космических лучей) должен был бы соответствовать магнитному экватору диполя Земли. Первые попытки объяснить несоответствия простым изменением диполя (переворотом и т. п.) [3] не дали удовлетворительных результатов, и поэтому магнитное поле Земли приближалось с помощью прибавления членов мультипольных магнитных полей. Хороших результатов было достигнуто с помощью вычислительных машин, которые дали возможность учитывать все более высокие члены сферического гармонического анализа магнитного поля. Последняя теоретическая работа [4], вычисляющая траектории частиц космического излучения в геомагнитном поле, берёт в рассмотрение до шести членов. Из этого видно, что при изучении траекторий частиц космического излучения надо учитывать также местные аномалии магнитного поля, влияние которых проявляется также в ванагленовских радиационных поясах Земли [5].

II

Измерения, использованные в настоящей статье, провел второй из авторов по пути из Арктики в мае 1963 г. Путь следовал по маршруту через

Атлантический океан от Кейптауна на север в направлении к Северной Ирландии. Рис. 1.

Маршрут пересекает магнитный экватор в местах со значительной разницей между положением магнитного экватора и положением космического экватора. Несмотря на то, что в этих областях проводились многие измерения, мы считали целесообразным повторить измерения,

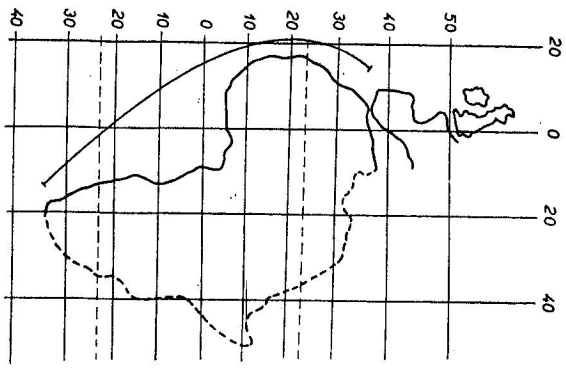


Рис. 1. Маршрут корабля.

чтобы убедиться, не изменилось ли со времени предыдущих измерений положение космического экватора в этих местах. В связи с деформациями внешней земной магнитной сферы под действием солнечного ветра [6] следовало бы ожидать, что будут меняться траектории частиц космического излучения, которые повидимому, чувствительны даже к небольшим неомогенностям земного магнитного поля.

Измерения были проведены с помощью широкоугольного счетчикового телескопа с большой поверхностью, регистрирующего все заряженные частицы космического излучения [7]. Измерения были проведены начиная с берегов антарктики до мыса Нордкаг в Норвегии. Регистрировались минутные величины, в среднем 6000 импульсов в мин. Для определения экватора нами были использованы лишь величины, измеренные в интервале от 30° южной географической широты до 40° северной географической широты (таблица 1). Вне этого интервала широт преобладает уже абсорбция частиц космического излучения атмосферой над их энергией.

Таблица 1

Часовые средние n приведены после редукции 1 : 100.

$\varphi^{\circ} S$	n	$\varphi^{\circ} S$	n	$\varphi^{\circ} S$	n	$\varphi^{\circ} S$	n	$\varphi^{\circ} N$	n	$\varphi^{\circ} N$	n	$\varphi^{\circ} N$	n	$\varphi^{\circ} N$	n	$\varphi^{\circ} N$	n
28,46	3636	19,26	3522	12,62	3389	03,76	3202	00,05	3225	06,71	3224	14,01	3234	22,42	3322	30,69	3466
28,26	3642	19,05	3514	12,47	3378	03,59	3232	00,22	3230	06,90	3204	14,25	3237	22,60	3337	30,90	3486
28,07	3634	18,83	3507	12,35	3384	03,43	3252	00,39	3204	07,08	3184	14,47	3243	22,81	3337	31,10	3474
26,95	3610	18,61	3490	12,20	3376	03,27	3247	00,57	3198	07,25	3214	14,70	3248	23,03	3343	31,31	3484
26,77	3621	18,41	3481	12,05	3385	03,10	3255	00,75	3189	07,41	3211	14,92	3241	23,25	3345	31,52	3490
26,60	3619	18,25	3495	11,89	3387	02,94	3262	00,91	3228	07,58	3252	15,15	3252	23,48	3352	31,72	3490
26,42	3607	18,08	3492	11,74	3402	02,78	3259	01,10	3236	07,75	3256	15,38	3249	23,70	3343	31,93	3497
26,23	3605	17,91	3486	11,58	3394	02,61	3270	01,28	3247	07,91	3259	15,61	3254	23,92	3350	32,14	3497
26,02	3599	17,75	3494	11,43	3381	02,43	3249	01,46	3249	08,11	3270	15,82	3263	24,15	3333	32,34	3514
25,82	3588	17,58	3474	11,24	3385	02,85	3251	01,64	3258	08,34	3271	16,04	3256	24,39	3344	32,55	3512
25,61	3595	17,40	3475	11,02	3378	02,08	3246	01,82	3256	08,56	3248	16,25	3255	24,63	3343	32,76	3505
25,41	3594	17,22	3453	10,80	3374	01,90	3247	02,00	3249	08,79	3236	16,46	3251	24,87	3347	32,96	3501
25,20	3587	17,03	3460	10,58	3363	01,72	3239	02,18	3239	09,02	3262	16,68	3259	25,11	3366	33,17	3504
25,00	3571	16,85	3441	10,36	3366	01,54	3229	02,36	3260	09,24	3282	16,89	3257	25,35	3369	33,38	3522
24,79	3583	16,65	3446	10,14	3347	01,36	3212	02,53	3235	09,44	3221	17,10	3269	25,58	3394	33,60	3526
24,59	3585	16,47	3436	09,95	3350	01,18	3261	02,71	3240	09,62	3230	17,31	3286	25,79	3389	33,82	3523
24,38	3585	16,28	3427	09,80	3355	01,00	3232	02,89	3250	09,80	3231	18,32	3287	26,01	3367	34,03	3520
24,18	3568	16,11	3423	09,64	3334	00,82	3189	03,07	3253	09,98	3216	18,49	3295	26,22	3391	34,25	3534
23,97	3563	15,94	3427	09,49	3337	00,64	3217	03,25	3299	10,16	3232	18,67	3268	26,43	3380	34,47	3534
23,78	3569	15,76	3445	09,33	3351	00,46	3242	03,43	3291	10,34	3222	18,85	3274	26,65	3389	34,68	3537
23,61	3555	15,59	3440	09,18	3356	00,29	3217	03,61	3319	10,50	3226	19,03	3264	26,87	3381	34,88	3539
21,81	3559	15,41	3441	09,00	3319	00,12	3238	03,79	3311	10,64	3230	19,23	3270	27,11	3389	35,07	3540
21,61	3549	15,25	3439	08,82	3327			03,97	3295	10,78	3230	19,43	3270	27,35	3392	35,27	3553
21,48	3564	15,10	3435	08,63	3319			04,15	3260	10,92	3215	19,64	3267	27,60	3393	35,47	3554
21,29	3532	14,95	3427	08,44	3336			04,33	3261	11,06	3243	19,84	3280	27,84	3395	35,67	3565
21,16	3550	14,80	3422	08,25	3326			04,51	3251	11,20	3249	20,05	3266	28,08	3411	35,87	3576
21,02	3538	14,65	3417	08,06	3322			04,69	3289	11,39	3248	20,25	3295	28,32	3416	36,07	3585
20,88	3536	14,50	3430	07,88	3296			04,86	3241	11,62	3238	20,46	3299	28,54	3435	36,27	3582
20,75	3508	14,32	3423	07,71	3282			05,04	3217	11,86	3236	20,66	3288	28,77	3433	36,46	3592
20,61	3517	14,10	3424	07,53	3279			05,22	3225	12,11	3259	20,87	3291	28,99	3420	36,66	3595
20,46	3528	13,88	3422	05,04	3268			05,40	3232	12,32	3261	21,07	3311	29,22	3427	36,86	3601
20,32	3524	13,65	3411	04,86	3245			05,58	3255	12,56	3261	21,28	3310	29,44	3438	37,06	3602
20,17	3516	13,43	3407	04,67	3255			05,76	3239	12,79	3270	21,48	3316	29,66	3438	37,26	3612
20,03	3526	13,21	3409	04,49	3234			05,94	3230	13,03	3249	21,67	3321	29,86	3426	37,45	3604
19,88	3517	13,03	3409	04,31	3213			06,13	3233	13,28	3254	21,86	3332	30,07	3446	37,65	3619
19,70	3522	12,89	3401	04,13	3215			06,32	3241	13,52	3253	22,04	3328	30,28	3463	37,85	3615
19,48	3519	12,76	3398	03,94	3213			06,52	3232	13,76	3247	22,23	3323	30,40	3469	38,05	3621

Чешким обрезаем магнитным полем Земли и широкая зависимость выравнивается. Даже внутри указанного интервала мы были вынуждены выгустить несколько величин из-за неполадок аппаратуры, встречающихся чаще в области географического экватора, вызванных большой влажностью воздуха (судно плыло Гвинейским заливом в период больших дождей). Измерение величины мы поправляли на давление и вычисляли средние данные за один час. На графике мы отметили зависимость этих данных от географической широты (рис. 2). Минимум кривой, полученной

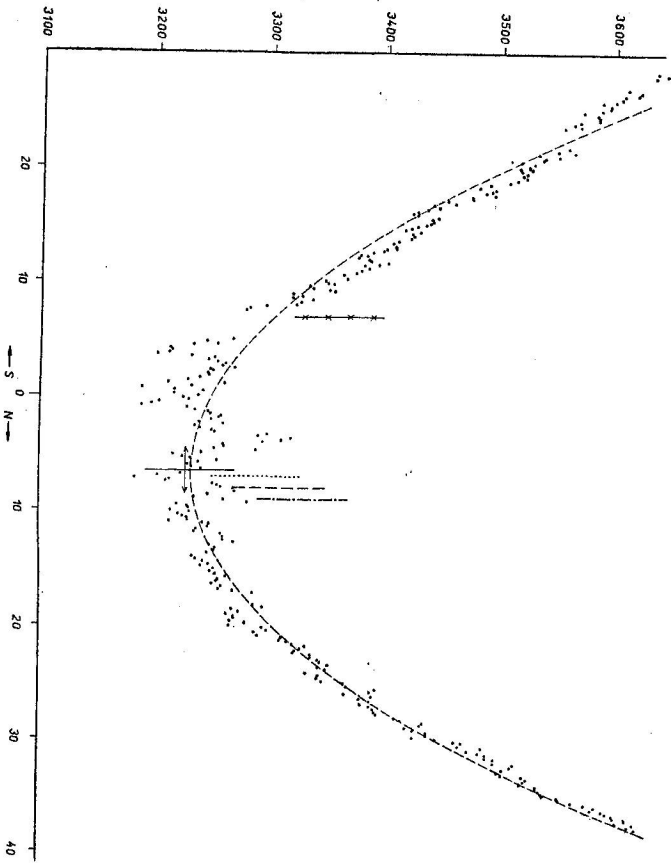


Рис. 2.

- X—X—X—X— расположение магнитного экватора, определенное по нашим измерениям в 1963 г.,
- расположение космического экватора, определенное по измерениям, проведенным в 1956—1959 гг. [8],
- расположение космического экватора, определенное по измерениям, проведенным в 1961 г. [9],
- расположение космического экватора, определенное по измерениям, проведенным в 1956 г. [3].

нами таким путем, совпадает с космическим экватором на нашем меридиане. Тучей точек мы протянули гладкую кривую методом наименьших квадратов и определили её минимум.

С первого взгляда видно, что кривая имеет минимум на север от географического экватора и не является осевно симметричной. Простейшей гладкой кривой, которая наилучше приближается к распределению наших точек, является парабола третьей степени, которую выразим уравнением

$$\delta(N - N_0) = A(\varphi - \varphi_0)^3 + B(\varphi - \varphi_0)^2 + C(\varphi - \varphi_0),$$

где φ_0 — географическая широта, соответствующая центру указанного нами интервала географических широт, N_0 — среднее число импульсов из всего интервала. Из измерений и вычислений мы получили следующие данные: $\varphi_0 = 4,97^\circ \text{N}$, $N_0 = 337000$ имп. (в час) $A = 8,6 \cdot 10^{-5}$, $B = 0,38$, $C = -1,19$. Коэффициент корреляции между точками параболы и измеренными данными $\rho = 0,84$. Минимум параболы, т. е. географическая широта космического экватора φ_E дана формулой

$$\varphi_E - \varphi_0 = -\frac{B}{3A} + \sqrt{\frac{B^2}{3A^2} - \frac{C}{3A}},$$

вычисленная величина $\varphi_E = 6,5^\circ \text{N}$.

III

Принимая во внимание, что широтная зависимость интенсивности космического излучения в области экватора не острая, положение космического экватора даже при столь большой точности измеренных данных и при столь высокой степени корреляции $\rho = 0,84$ невозможно определить очень точно. На основании измеренных данных и использованного метода мы оцениваем ошибку в определении положения космического экватора $\pm 2^\circ$. Несмотря на это, разница между положением космического и географического экваторов очевидна, последний из них находится в этих местах приблизительно в 7°S . Наш результат в рамках ошибок хорошо согласуется с измерениями, которые провел И. А. Симпсон в 1956 г. [3], с измерениями на шведских судах „Ломмарен Спратусе” и „Роксбурт-Рафта” в 1956—1959 гг. [8], а также с нашими измерениями, проведенными в 1961 г. на судне „Кооперация” [9].

На основании сравнения приведенных результатов мы делаем заключение, что возможные изменения космического экватора в этой области с 1956 г. по 1963 г., т. е. от солнечного максимума до солнечного минимума, не измеримы. Область, в которой мы провели измерения, является

очень подходящей для подобного исследования (большая разница между положением геомагнитного и космического экватора), поэтому можно считать, что возмущения внешнего магнитного поля Земли, вызванные солнечным ветром, или не влияют существенно образом на траектории космических частиц, или их величины с солнечным пинглом не очень меняются.

Отдается нашей милгой обязанностью поблагодарить руководство 7-ой и 8-ой антарктических экспедициями, а также советских и чехословацких участников зимовки на станции Новолазаревская, равно как капитана и команду судна „Обь“ за предоставление возможности проводить эту работу и оказанную ими поддержку.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Störmer C., *Zeit. f. Astrophys.* 1 (1930), 237.
 - [2] Simpson J. A., *Phys. Rev.* 83 (1951), 1175; *Phys. Rev.* 90 (1953), 1068.
 - [3] Simpson J. A., Jatu F., Ryka M., J. *Geophys. Res.* 61 (1956), 11.
 - [4] Mc Cracken K. G., *IOSY Manual* 10, London 1965.
 - [5] Вернов С. Н. и др., *Геомагнетизм и Аэронамика* 3 (1963), 657.
 - [6] Паркер Е. Н., *Интерпланетарь Dynamical Processes*, New York 1963.
 - [7] Халоуника П., Инф. Бюллет. Сов. антаркт. экп. 46, 1964.
 - [8] Sandström A. E., *Nuovo Cim. Suppl.* 8 (1958), 263.
 - [9] Дубински Ю., Халоуника П., *Геомагнетизм и Аэронамика* 3 (1963), 452.
- Получило 8. 12. 1965.

*Katedra jadrovej fyziky Průmyslovské fakulty
Univerzity P. J. Šafárika, Košice*
*ŇSAV, Fyzikálny ústav
Slovenskej akadémie vied,
robočka Košice*
*Institut Geofizyki
Polskiej akademii nauk, Warszawa*