



АНАЛИЗ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ПО ДАННЫМ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА РОСГИДРОМЕТА (ФГБУ "ИПГ") В 2016 ГОДУ

В. И. Денисова¹, В. Б. Лапшин², А. Ю. Репин³, М. Ю. Филиппов⁴, Е. Н. Хотенко⁵

Рассматривается состояние гелиогеофизической обстановки в 2016 году по данным мониторинга, проводимого институтом. Приводятся показатели солнечной активности, состояния магнитного поля Земли и ионосферы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ, ИНДЕКСЫ, МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ, РАДИАЦИЯ, КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО

По характеру изменения основных индексов солнечной активности 2016 год относится к ветви спада солнечной активности текущего 24-го (с условного начала отсчета в 1775 г.) 11-летнего солнечного цикла. Максимум 24-го солнечного цикла, как и несколько предыдущих циклов, показанных на рис. 1 имеет двухвершинную структуру [3].

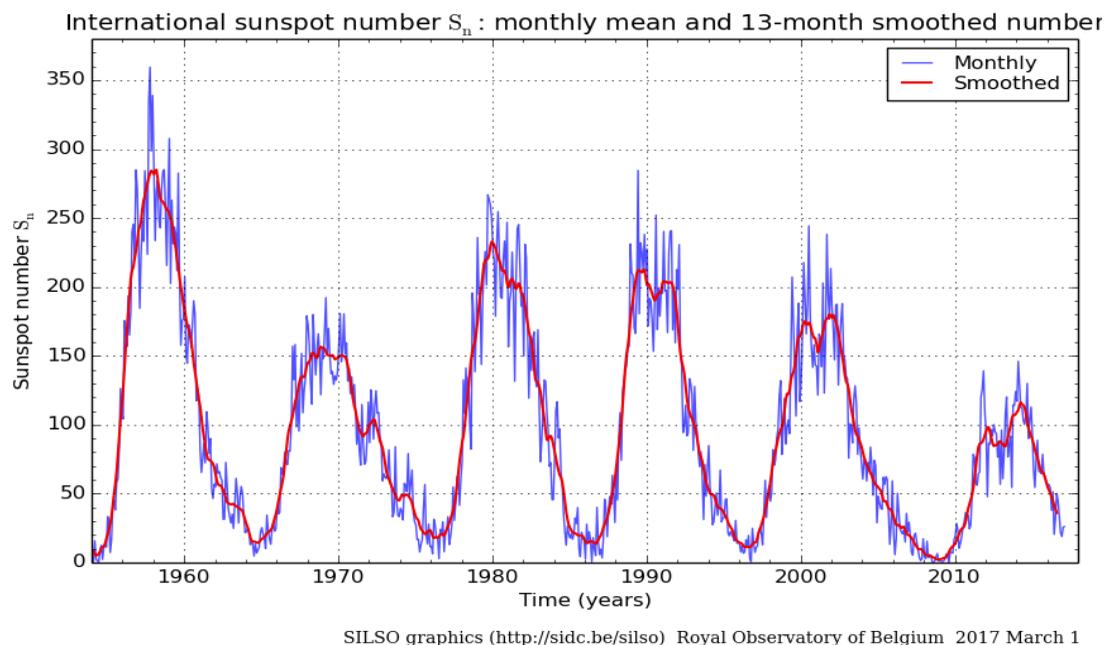


Рис. 1. Изменение сглаженных чисел Вольфа по данным Международного центра солнечных индексов (Брюссель, Бельгийская королевская обсерватория). [3]

¹ Денисова Валентина Ивановна ФГБУ "ИПГ", e-mail: denisova@ipg.geospace.ru,

² Лапшин Владимир Борисович г.л.н.с., ФГБУ "ИПГ", e-mail: director@ipg.geospace.ru

³ Репин Андрей Юрьевич д.ф.-м.н., доцент, ФГБУ "ИПГ", e-mail: repin_a_yu@mail.ru

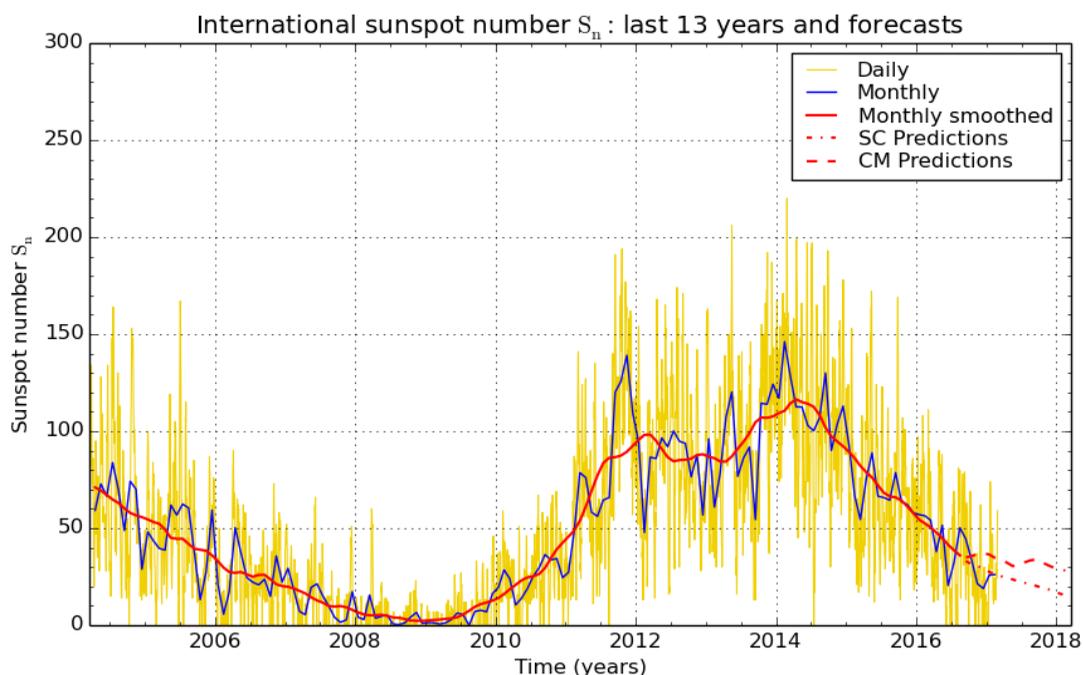
⁴ Филиппов Михаил Юрьевич н.с. к.ф.-м.н., «ФГБУ «ИПГ», e-mail mm.grif@gmail.com

⁵ Хотенко Елена Николаевна к.ф.-м.н., ФГБУ "ИПГ", e-mail: madam.ermolova@gmail.com.

Первая вершина наблюдалась в 2012 году, вторая в 2014 году. Это иллюстрирует рис. 2, где приведены более подробные данные (среднемесячные значения чисел Вольфа) за последние 13 лет (с 2004 года по 2016 год) и прогноз на 2017–2018 годы.

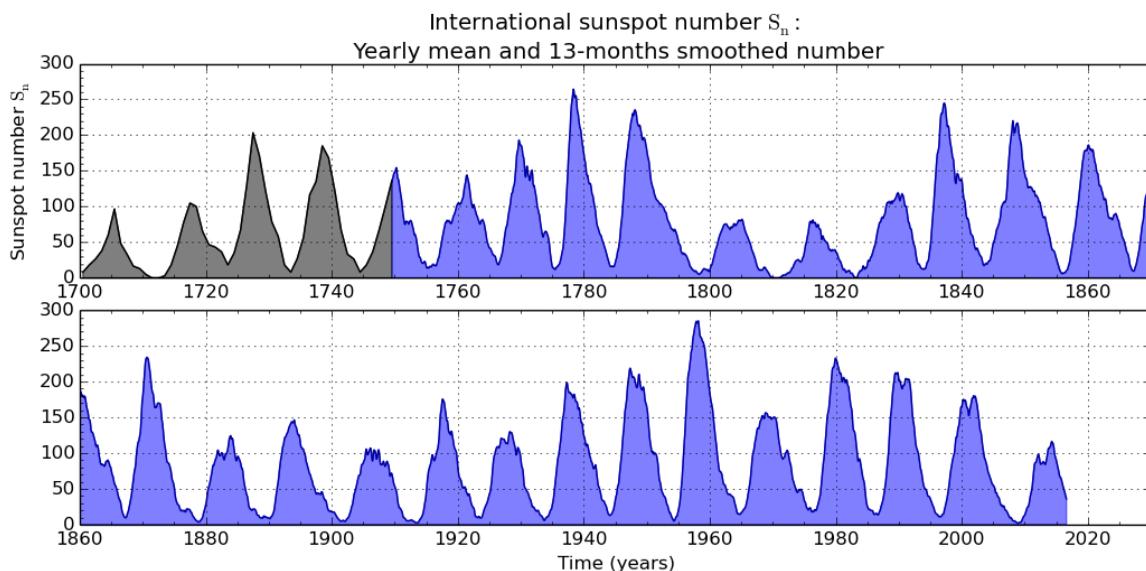
Из данных рисунков видно, что минимум между двумя соседними циклами был очень продолжительный и глубокий, а уровень активности в максимуме 24 солнечного цикла значительно уступает предыдущим.

Однако если сравнивать 24-й солнечный цикл с более ранними солнечными циклами, то можно заметить его сходство, например, с 14 или 12 солнечными циклами, что видно из рис. 3.



SILSO graphics (<http://sidc.be/silso>) Royal Observatory of Belgium 2017 March 1

Рис. 2. График изменения среднемесячных значений чисел Вольфа. [3]



SILSO graphics (<http://sidc.be/silso>) Royal Observatory of Belgium 2017 March 1

Рис. 3. График изменения количества солнечных пятен с 18 по 21 век. [3]

На рисунке 4 представлен прогноз среднемесячных чисел Вольфа на последующие 12 месяцев, рассчитанный двумя методами:

1. SK (красный): метод прогнозирования, основанный на интерполяции стандартных кривых Waldmeier [2]. Метод основан только на количестве солнечных пятен в группе.

2. CM (зеленый): комбинированный метод [1].

Для удобства сопоставления активности в данном солнечном цикле с ее проявлениями в предыдущем, в табл. 1 приведены значения основных индексов, характеризующих солнечную активность за последние двадцать два года.

В столбцах этой таблицы указаны:

2 — среднегодовые числа Вольфа W , по данным оперативного центра в Боулдере (они примерно в 1,4 раз больше значений R — международного ряда этого индекса, приведенных на рисунках 1, 2, 4;

3 — среднегодовые значения $F_{10.7}$ потока радиоизлучения на $\lambda = 10.7$ см;

4 — суммарное количество вспышек балла >1 , зарегистрированных в оптическом диапазоне в линии водорода $H\alpha$;

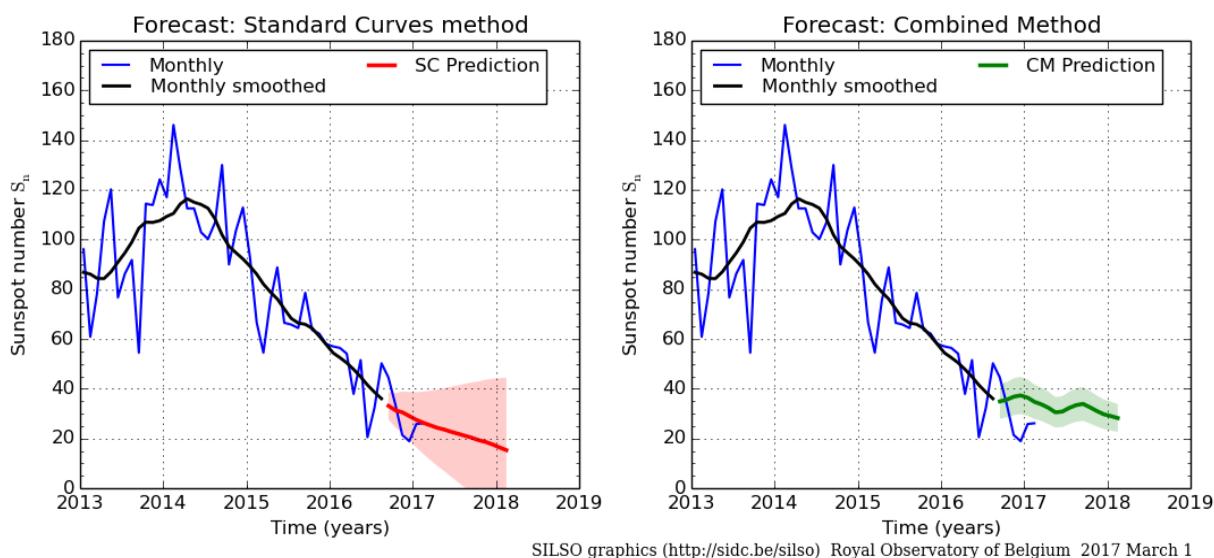
5–7 — суммарное количество вспышек класса C, M, X зарегистрированных в рентгеновском диапазоне;

8 — количество вторжений в околоземное космическое пространство (ОКП) потоков солнечных космических лучей (СКЛ) с энергией $E_p > 25$ МэВ и максимальной интенсивностью $> 100 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1}$ по данным КА серии «Метеор», «Ресурс», «Электро Л», «Goes», (с 2001 года по 2010 год только по данным КА серии «GOES», с 2011 года по данным КА «Метеор-М» №1, «GOES» №№ 13,15, российского геостационарного КА «Электро-Л» №1, с июля 2014 года по данным КА «Метеор-М» №2, с июня 2016 года по данным российского геостационарного КА «Электро-Л» №2);

9–11 — количество магнитных бурь с $30 > \text{ArMos} > 15$, $50 > \text{ArMos} > 30$ и $\text{ArMos} > 50$. (ArMos-индекс — эквивалентная суточная средняя амплитуда возмущения геомагнитного поля, вычисляемая по данным среднеширотных наземных магнитных станций Евразийского региона. ArMos-индекс определяется как среднее значение из восьми a_p -индексов в единицах 2 нТ).

Из данных табл. 1 следует, что текущий цикл существенно уступает предыдущему не только по числу Вольфа, но и другим проявлениям солнечной активности.

Более детализированные статистические данные, относящиеся непосредственно к 2016 г., приводятся в последующих разделах.



SILSO graphics (<http://sidc.be/silso>) Royal Observatory of Belgium 2017 March 1

Рис. 4. Прогноз изменения среднемесячных значений чисел Вольфа на последующие 12 месяцев [3].

Таблица 1. Основные индексы, характеризующие солнечную активность

Год	W Wou	F10,7	Вспышечная активность				J	Геомагнитные бури		
			>1	C	M	X				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1995	29	78	400	3	11	0	0	21	9	2
1996	13	72	190	0	4	1	0	17	3	0
1997	30	81	530	6	20	3	1	19	4	0
1998	88	117	1410	24	96	15	5	16	8	6
1999	136	154	3220	35	170	4	0	23	9	2
2000	172	180	3580	54	214	17	4	23	11	8
2001	170	181	2780	46	298	20	9	22	7	7
2002	177	179	2420	30	210	12	2	32	7	3
2003	109	129	1150	26	159	21	4	32	15	7
2004	69	106,5	610	18	121	12	3	26	5	4
2005	50	92	450	23	103	19	5	22	9	7
2006	26	80	130	7	10	4	3	29	3	1
2007	13	72,5	190	9	10	0	0	29	1	0
2008	4,6	69	18	0	1	0	0	20	1	0
2009	5	70,6	30	0	0	0	0	6	0	0
2010	24,8	79,4	230	2	20	0	0	8	2	0
2011	81	114	1590	17	115	8	3	20	1	0
2012	82	120	1800	14	128	7	6	20	2	0
2013	97	122	1585	16	99	12	2	23	3	0
2014	122	146	3130	38	205	16	2	23	1	0
2015	72	118	2438	28	126	2	2	31	5	2
2016	37	89	660	2	16	0	0	28	4	0

СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ

В Гелиогеофизической службе принят условный интегральный показатель солнечной активности, определяемый как полусумма индексов числа пятен W и потока радиоизлучения F .

В 2016 году интегральная солнечная активность только в течение двух суток (4 и 5 февраля) соответствовала «умеренному» уровню, в остальное время «низкому» уровню. Это значительно меньше, чем в 2015 году, когда в течение 110 суток (33% времени) солнечная активность соответствовала «умеренному» уровню.

Значения среднемесячных чисел Вольфа менялись в пределах $W=17-56$, вариации среднемесячных значений потока радиоизлучения Солнца F на длине волны $\lambda=10.7$ см находились в диапазоне 75–104 солнечных потоковых единиц F.U. Среднегодовое значение чисел Вольфа по сравнению с 2015 годом уменьшилось почти в два раза, среднегодовое значение потока радиоизлучения Солнца F уменьшилось на 25%.

В течение 31 дня (8,5 % времени) 2016 года на видимом диске Солнца не наблюдалось ни одной группы пятен, число Вольфа $W = 0$.

В течение 2016 года на видимом диске Солнца было зарегистрировано 112 групп пятен, из которых только 10 групп имели максимальную площадь в пределах 240–850 МДП, а именно:

- три группы имели площадь $S_{max}=850$ МДП, 590 МДП и 550 МДП; — две группы имели площадь $S_{max}=430$ МДП и 400 МДП;
- остальные пять групп имели площадь $S_{max}=$ от 240 до 350 МДП.

Для сравнения, в 2015 году на видимом диске Солнца наблюдалось две группы пятен с максимальной площадью более 1000 МДП: группа 2371 ($S_{max} = 1180$ МДП) и группа 2403 ($S_{max} = 1190$ МДП) и около десятка групп с максимальной площадью в пределах $700 \text{ МДП} < S_{max} < 1000 \text{ МДП}$, остальные группы с меньшей площадью.

С 21 декабря 2015 года по 02 января 2016 года на обращенной к Земле полусфере Солнца находилась активная область 2473, в которой наблюдалось довольно большое количество вспышек. В рентгеновском диапазоне зарегистрировано: 5 вспышек класса M, 30 вспышек

класса С, 17 всплесков класса В, в спектральной линии Na зарегистрировано: 59 субвспышек, 4 вспышки балла 1.

В конце суток 1 января в группе 2473 (S21W73) вспышка M 2.3, время максимума 00.11 UT, продолжительность 111 минут. Вспышка сопровождалась всплеском радиоизлучения II ($v=1095$ км/сек) и IV спектрального типа, выбросом корональной массы (asymmetric partial halo CME) со слабой компонентой, направленной в сторону Земли. В начале суток 2 января от вспышки зарегистрировано (самое значительное в 2016 г.) вторжение потоков низкоэнергичных протонов в околоземное космическое пространство (рис. 6)

На рисунке 5 представлен поток рентгеновского излучения (одноминутные данные) за период с 22 декабря 2015 года по 04 января 2016 года.

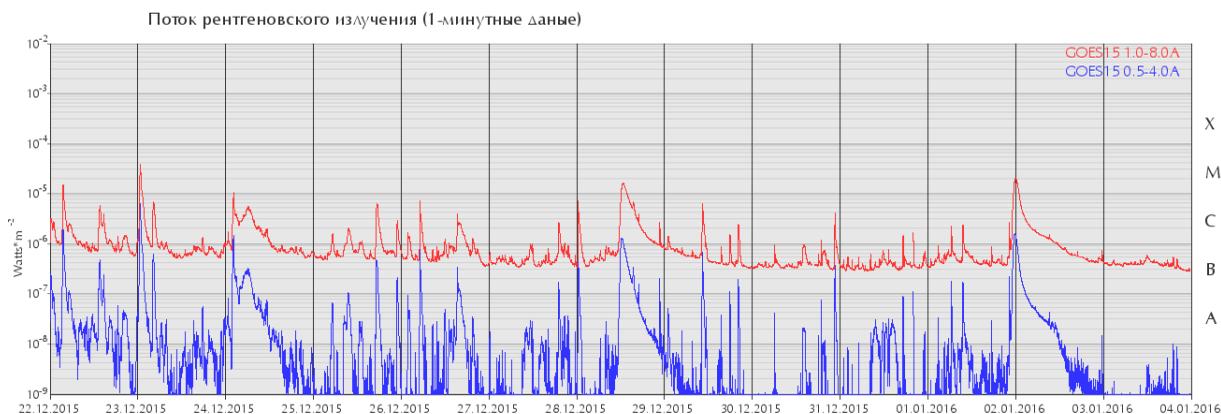


Рис. 5. Поток рентгеновского излучения (1-но минутные данные). [4]

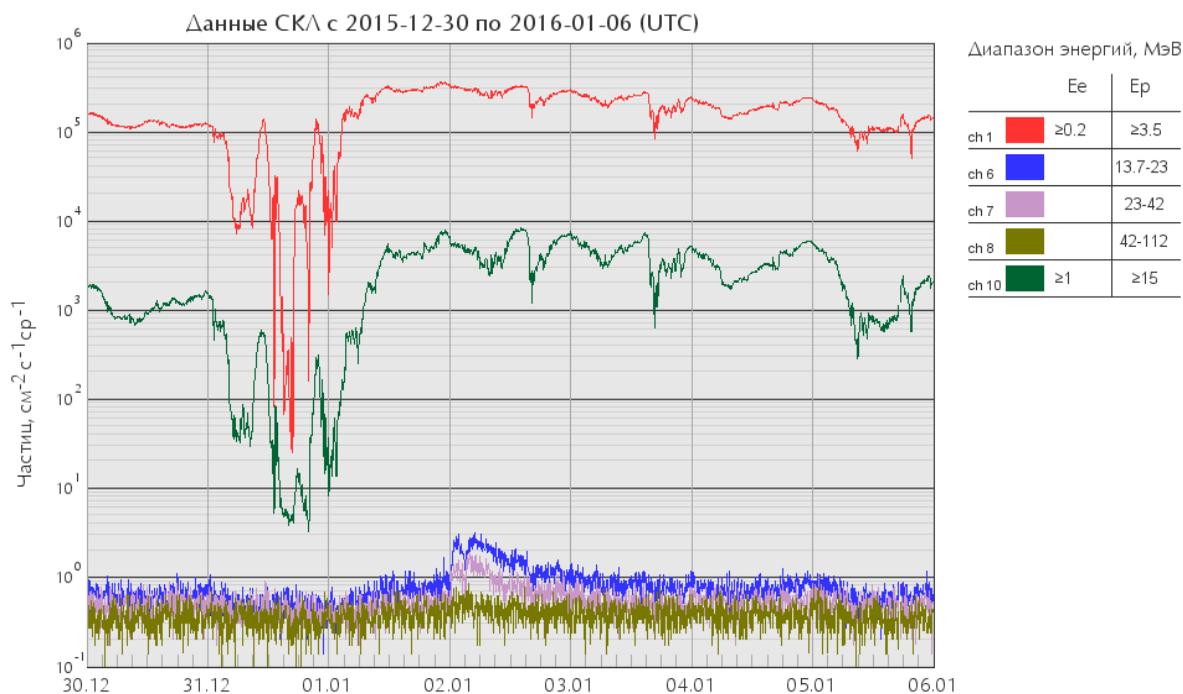


Рис. 6. Вторжение потоков протонов солнечных космических лучей (СКЛ) в январе 2016 года.

Поток электронного и протонного излучения (5-минутные данные).

Источник данных: КА «Электро-Л» №1.

В 2016 году на видимом диске Солнца наблюдалась одна «долгоживущая» активная область (в течение двух солнечных оборотов: 1-й оборот – с 7 по 20 апреля; 2-й – с 4 по 16 мая).

7 апреля, в северной полусфере диска Солнца, вышла из-за восточного лимба группа 2529 (первый оборот) с площадью 330 МДП, числом пятен 1, магнитной конфигурацией α . 9 и 10 апреля в группе зарегистрированы две продолжительные рентгеновские вспышки класса C, а именно:

- 9 апреля вспышка C2.8/SF, координаты N10E64, время максимума 13.42 UT, продолжительность 149 минут;
- 10 апреля вспышка C1.5, время максимума 09.34 UT, продолжительность 439 минут.

К 11 апреля площадь группы увеличилась в 2,5 раза и имела максимальный размер 850 МДП. Максимальное число пятен (36) в группе зарегистрировано 15 апреля. 18 апреля в группе 2529 зарегистрирована вспышка M6.7/1F, координаты N12W62, время максимума 00.29 UT, продолжительностью 25 минут. Вспышка сопровождалась всплесками радиоизлучения II, IV спектрального типа и выбросом корональной массы. От вспышки зарегистрировано слабое вторжение низкоэнергичных потоков протонов в околоземное космическое пространство.

4 мая вышла из-за восточного лимба группа 2542 (второй оборот), которая имела максимальную площадь 250 МДП 4 мая и максимальное число пятен (16) 9 мая.

15 мая в группе зарегистрировано геоэффективное событие — вспышка C3.2/SF, координаты N10W62, время максимума 16.03 UT, продолжительность 134 минуты. Вспышка сопровождалась распадом солнечного волокна и выбросом корональной массы (partial halo CME). 15 мая в 18 UT от нее началось вторжение в околоземное космическое пространство низкоэнергичных потоков протонов.

Характеристики этой "долгоживущей" активной области и вспышечная активность в ней в течение двух солнечных оборотов приведена в табл. 2

Для сравнения, в 2015 году на видимом диске Солнца наблюдались три «долгоживущие» активные области (в течение трех солнечных оборотов: 1-я — май–июль; 2-я — август – октябрь, 3-я — октябрь – декабрь).

6 мая в 12.12 UT и в 16.00 UT (рис. 7) зарегистрировано два высокоскоростных выброса корональной массы ($v=947$ км/сек и $v=1738$ км/сек) с компонентой, направленной в сторону Земли; Результат воздействия двух ускоренных потоков совместно с потоком от экваториальной корональной дыры — геомагнитная буря умеренной интенсивности 8–9 мая.

Таблица 2. Характеристики «долгоживущей» активной области

Период	Номер группы	Номер оборота	Максимальная площадь группы	Максимальное число пятен в группе	Магнитная конфигурация группы	X	M	C	SF	Балл 1	Балл 2	Балл 3	Потоки протонов	Состояние радиационной обстановки
7-20 апреля	2529	1	850	36	$\beta\gamma$	0	1	26	45	2	0	0	потоки	Невозмущенная
4-16 мая	2542	2	250	16	$\beta\gamma$	0	0	3	6	1	0	0	потоки	Невозмущенная
ИТОГО						0	1	29	51	3	0	0		

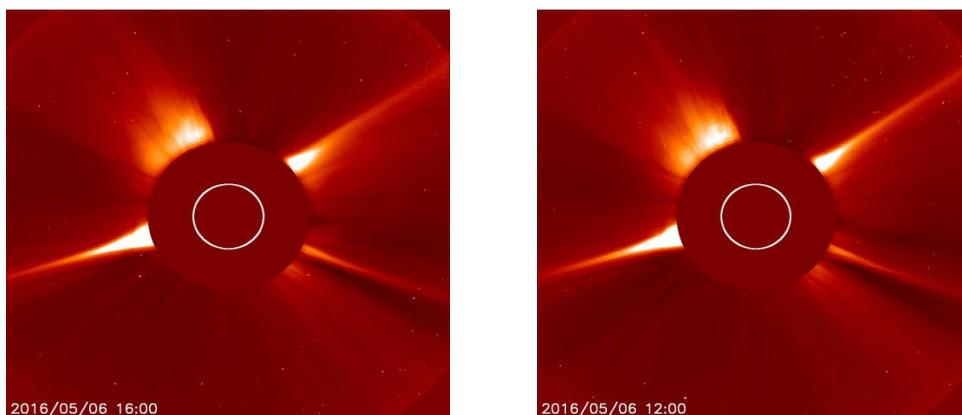


Рис. 7. Изображение с LASCO C2 [5].

В таблице 3 приводятся среднемесячные значения характеристик солнечной активности в 2016 году по оперативным данным, где:

W — среднемесячное число Вольфа;

$F_{10,7}$ — среднемесячный поток радиоизлучения Солнца на длине $\lambda=10,7$ см, выраженный в солнечных потоковых единицах F. U.;

C, M, X — количество рентгеновских вспышек в диапазоне длин волн 1–8 ангстрем, классов по интенсивности C, M и X, соответственно.

По наблюдениям в спектральной линии Na суммарно за год зарегистрировано 640 субвспышек, 19 вспышек балла 1 и две вспышки балла 3.

В рентгеновском диапазоне (1–8 ангстрем) всего наблюдалось 390 вспышек класса C, 16 вспышек класса M (из них 4 события класса M > 5) и около 920 всплесков класса B (табл. 3).

При оценке распределения вспышек по дням, вспышечная активность в течение 2 суток была высокой (18 апреля и 23 июля), в течение 10 суток – умеренной, в остальное время года – низкой (оценка по интенсивности всплесков в рентгеновском диапазоне).

Вспышечная активность продолжала уменьшаться. В 2016 году рентгеновских вспышечных событий класса X не зарегистрировано, а количество рентгеновских вспышечных событий класса M уменьшилось почти на порядок по сравнению с 2015 годом.

Таблица 3. Характеристики вспышечной активности Солнца в 2016 году

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
W	50	56	41	39	49	17	32	49	37	30	22	17
$F_{10,7}$	104	104	92	93	93	82	86	85	88	86	79	75
C	28	101	12	35	26	74	58	27	9	4	9	5
M	1	4	0	1	0	0	7	1	0	0	2	0
X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

СОСТОЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

По данным среднеширотных станций Российской Федерации геомагнитное поле было умеренно возмущенное в течение пяти суток (8 мая, 28 сентября, 13, 25–26 октября), в течение 21 суток — слабо возмущенное, в течение 35 суток — неустойчивое, в остальное время геомагнитное поле менялось от спокойного до очень спокойного (оценка по ApMos).

Основным источником магнитных бурь в 2016 году были корональные дыры, некоторые из них существовали на диске Солнца ни один оборот. На рисунке 8 представлены фрагменты

прохождения корональной дыры по диску Солнца, которая существовала на диске с августа по декабрь 2016 года и ускоренный поток, от которой вызвал самую значительную бурю умеренной интенсивности в октябре 2016 года.

По станциям Санкт-Петербург, Новосибирск, Мурманск и Какиока (Япония) было зарегистрировано 47 магнитных бурь, из них:

- 2 магнитные бури с внезапным началом (14 марта и 19 июля), обе бури — слабой интенсивности ($15 \leq \text{ApMos} < 30$);

- 45 магнитных бурь рекуррентного характера с постепенным началом, четыре из них умеренной интенсивности ($30 \leq \text{ApMos} < 50$); девять бурь — слабой интенсивности $15 \leq \text{ApMos} < 30$, остальные бури - очень слабой интенсивности ($\text{ApMos} < 15$).

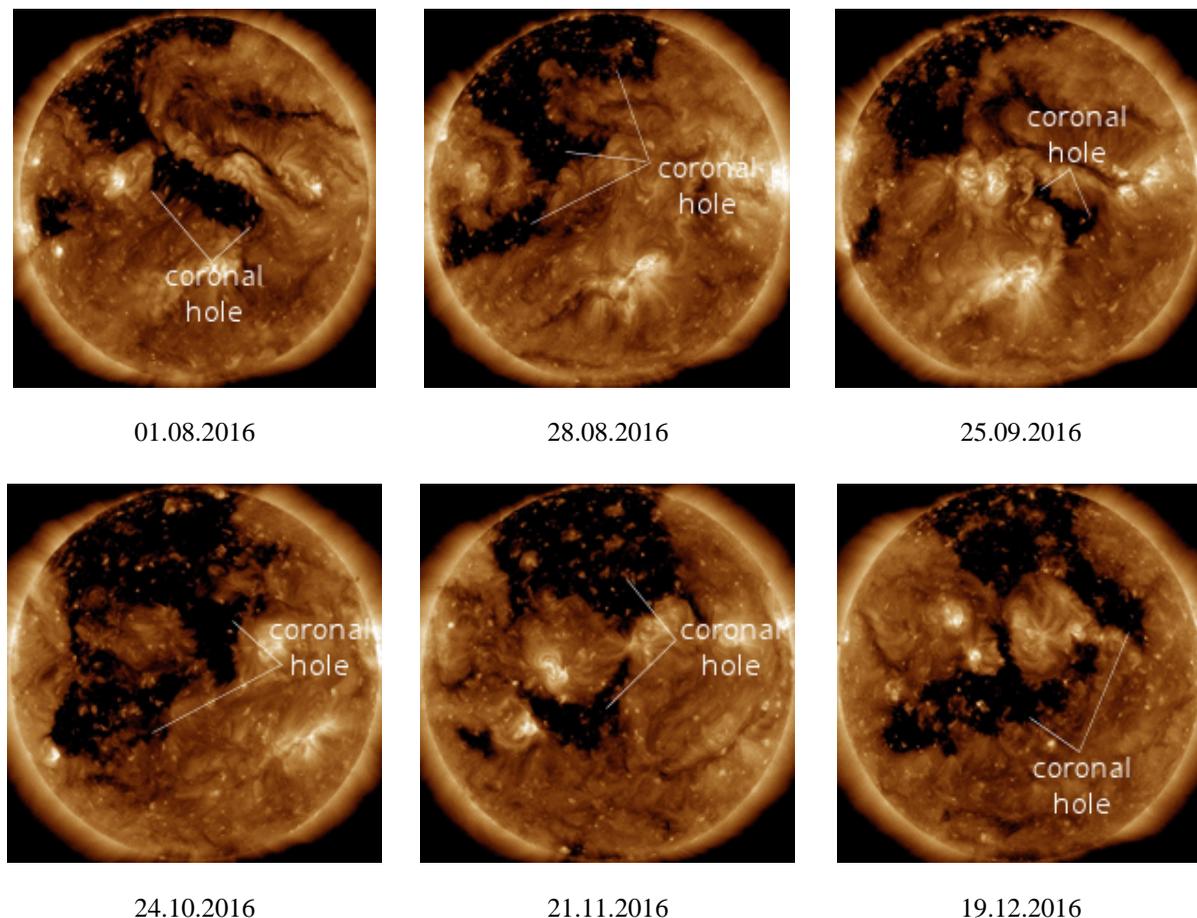


Рис. 8. Корональная дыра в северной полусфере Солнца. Корона, наблюдения на длине волны 193 А. [6]

Из четырех бурь умеренной интенсивности две самые значимые бури были от корональных дыр, находящихся на диске Солнца ни один оборот, а именно:

- 8 мая — от корональной дыры, существующей как минимум 6 оборотов в южной полусфере диска Солнца, $\text{ApMos}=41$

- 25 октября — от корональной дыры, существующей с августа по конец года, $\text{ApMos}=45$

25 октября, рядом наземных магнитных станций: Новосибирск — 09.00 МСК, Санкт-Петербург — 15.00 МСК, Мурманск — 07.30 МСК, Баренцбург — 07.00 МСК и магнитометром (прибор ФМ), установленным на российском геостационарном гидрометеорологическом космическом аппарате «Электро-Л» №2 (рис. 9) зарегистрирована магнитная буря умеренной интенсивности с постепенным началом, которая была самой большой в 2016 году.

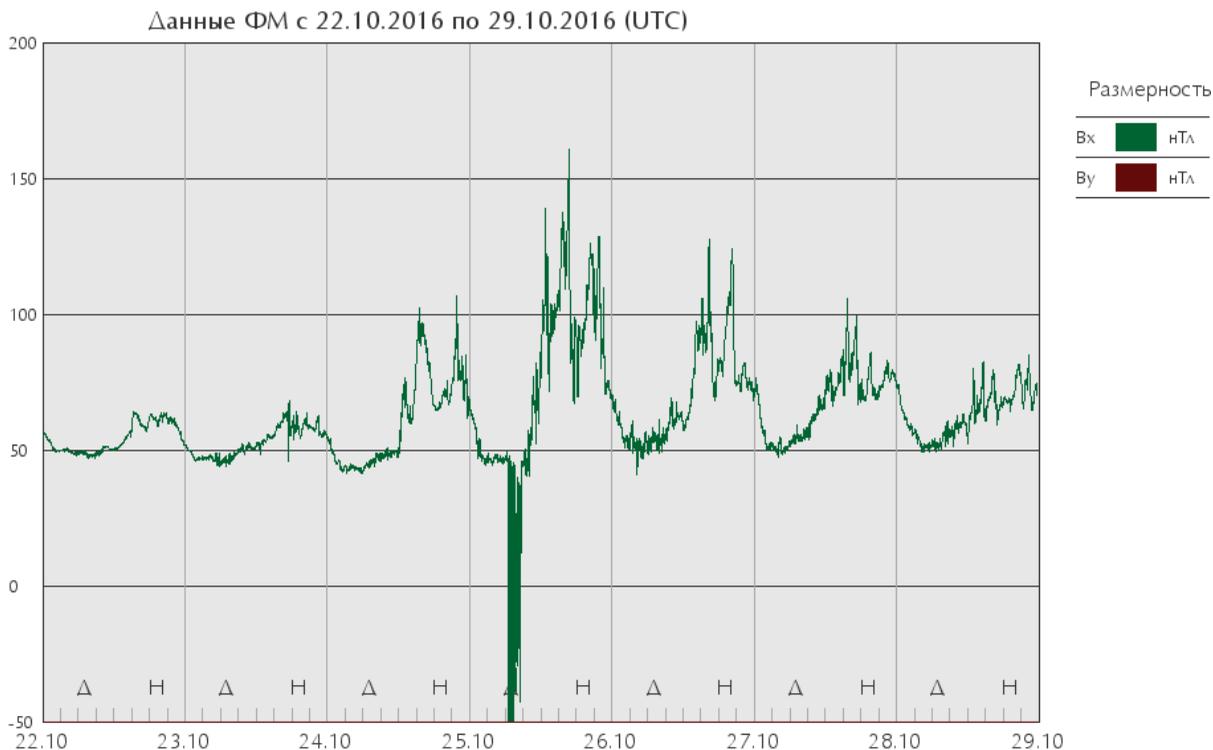


Рис. 9. Регистрация магнитной бури прибором ФМ.
 Источник данных: КА "Электро-Л" №2.

На рисунках 10 и 11 представлены соответственно усредненные суточные (АрMos) и трехчасовые (КрMos) оценки состояния магнитного поля Земли за период с 24 по 30 октября 2016 г. по данным среднеширотных наземных магнитных станций евразийского региона.

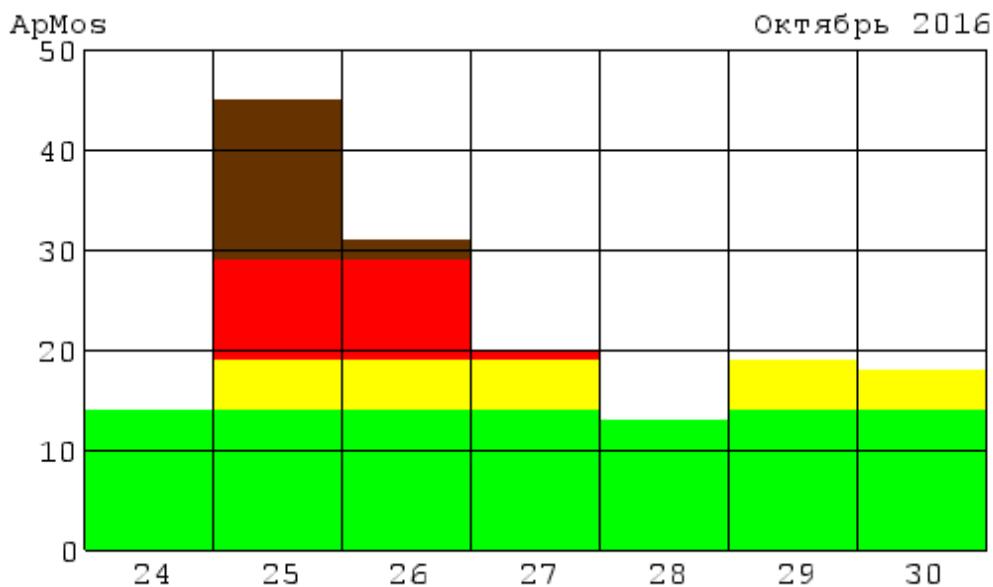


Рис. 10. Суточные значения АрMos в период с 24 по 30 октября.

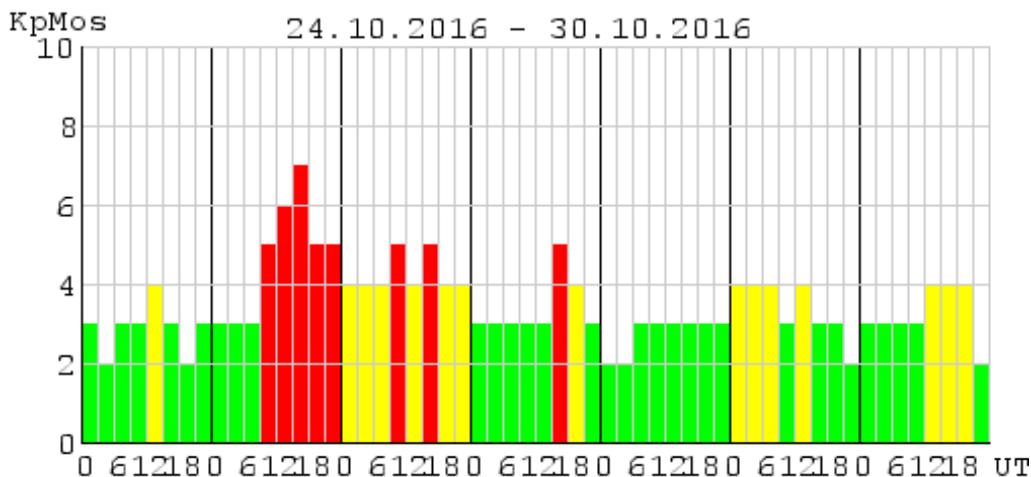


Рис. 11. Трехчасовые значения KpMos в период с 24 по 30 октября.

Данные о состоянии геомагнитного поля в высоких широтах в 2016 году поступали в Гелиогеофизическую Службу с семи магнитных обсерваторий:

- Баренцбург, остров Визе расположенных в области Полярная шапка ($\varphi=80^\circ$);
- Мурманск, Амдерма, Диксон, Тикси и Певек, расположенных в авроральной зоне и / или вблизи границы авроральной зона — Полярная шапка (от $\varphi = 68^\circ$ до $\varphi = 74^\circ$)

Сильное возмущение магнитного поля наблюдалось станциями Баренцбург и остров Визе соответственно в течение 3 и 5 суток, умеренное возмущение в течение 32 и 41 суток, в остальное время состояние магнитного поля было от слабо возмущенного до очень спокойного.

Сильное возмущение магнитного поля наблюдалось на большей части станций авроральной зоны от 27 до 107 суток, умеренное возмущение — от 49 до 84 суток, в остальное время состояние магнитного поля было от слабо возмущенного до очень спокойного. Количество возмущенных дней по станциям авроральной зоны представлено в табл. 4.

Таблица 4. Количество и характеристика возмущенных дней по станциям авроральной зоны

Станция	Мурманск	Амдерма	Диксон	Тикси	Певек
Магнитное поле	сутки	сутки	сутки	сутки	сутки
Сильно возмущенное	27	54	107	43	43
Умеренно возмущенное	49	71	84	64	59

В 2016 году в высоких широтах возмущенность геомагнитного поля была выше, и возмущенных дней было существенно больше по данным станции Диксон, чем по другим станциям. Это может быть связано с более высокой чувствительностью магнитометров, системой обработки данных и др.

В зоне Полярной шапки возмущение в главной фазе геомагнитной бури по амплитуде обычно было слабее, чем в авроральной зоне, но возмущение могло длиться дольше, чем в авроральной зоне и на средних широтах.

Повышение магнитной активности, связанное с магнитной бурей привело к нарушению радиосвязи, проявлению полярных сияний не только в авроральной зоне, но и на средних и более низких широтах.

Усредненное значение интенсивности геомагнитной бури за 25 октября оценивалось как умеренно возмущенное на средних широтах и сильно возмущенное в высоких широтах. Среднесуточное значение Ак-индекса по наземным магнитным станциям составило: Москва - 54, Новосибирск — 47, Мурманск — 96, Баренцбург — 68, Амдерма — 133, Тикси — 124, Хабаровск — 43, Магадан — 66, Паратунка — 31.

Состояние магнитного поля по авроральным станциям Мурманск, Амдерма и Тикси в период с 24 по 30 октября представлено соответственно на рисунках 12, 13 и 14.

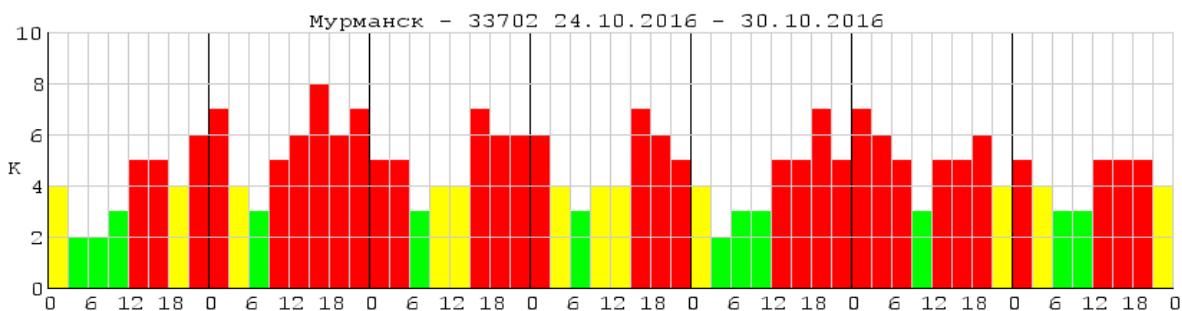


Рис. 12 Трехчасовые значения к-индексов по станции Мурманск.

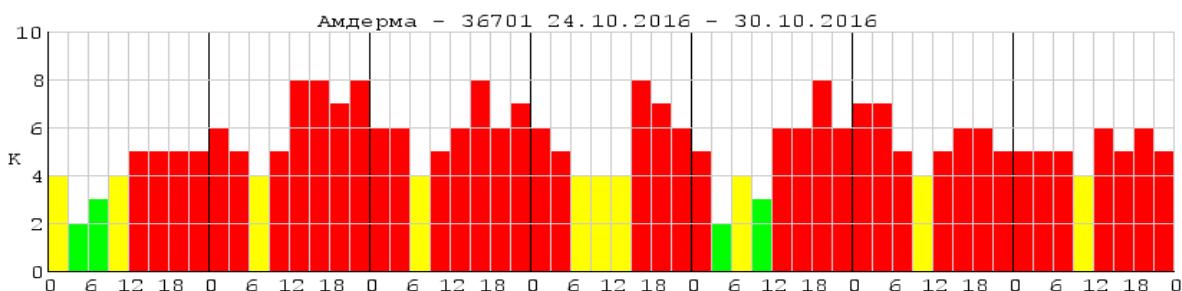


Рис. 13. Трехчасовые значения к-индексов по станции Амдерма

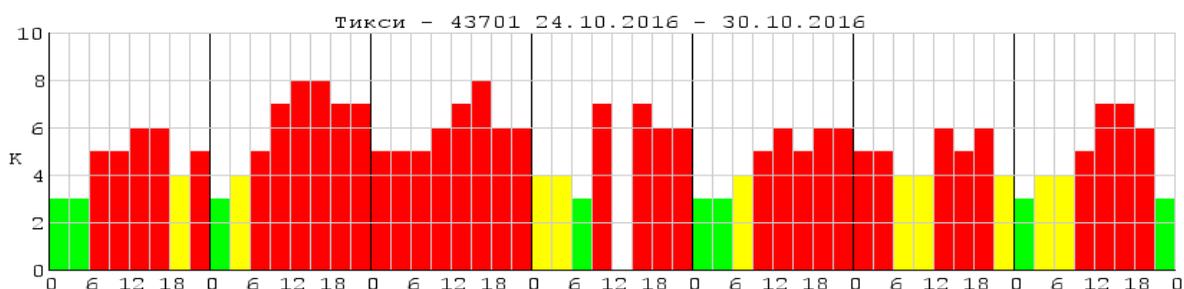


Рис. 14. Трехчасовые значения к-индексов по ст. Тикси

РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА В ОКОЛОЗЕМНОМ КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

По данным КА «Электро-Л» №1, КА «Электро-Л» №2, «Метеор-М» №1, «Метеор-М» №2 и "GOES" в течение года зарегистрировано четыре вторжения солнечных космических лучей (СКЛ), из них:

- три очень слабых вторжения низкоэнергичных потоков протонов, интенсивность потоков протонов с энергией $E > 10 \text{ MeV}$ $J = 1 \text{ pfu}$;
- одно вторжение (02–03 января) потоков протонов в широком диапазоне энергий и более высокой интенсивности, интенсивность потоков протонов с энергией $E > 10 \text{ MeV}$ $J = 22 \text{ pfu}$, интенсивность потоков протонов с энергией $E > 30 \text{ MeV}$ $J = 1,2 \text{ pfu}$.

Основные характеристики вторжений солнечных космических лучей представлены в табл. 5.

Радиационная обстановка в околоземном космическом пространстве и на трассах полетов пилотируемых космических аппаратов оценивалась как невозмущенная в течение всего года.

Для сравнения, в 2015 году, продолжительность слабо возмущенного состояния радиационной обстановки в ОКП и на трассе полетов пилотируемых КА составила 4 часа 22 июня, а в течение 2014 года было зарегистрировано четырнадцать вторжений солнечных космических лучей (СКЛ), из них шесть событий — потоки протонов в широком диапазоне энергий и высокой интенсивности. Суммарная продолжительность возмущенного состояния радиационной обстановки в ОКП составила двое суток.

Таблица 5. Основные характеристики вторжений солнечных космических лучей

Дата, время начала UT	Дата, время максимума UT	Дата, время конца UT	Максимальные плотности потоков протонов СКЛ (p.f.u.) с энергией E>				Состояние радиационной обстановки
			10 MeV	30 MeV	50 MeV	10 MeV	
02.01 00.//	02.01 04.50	03.01 04.30	21.5				невозмущенная
02.01 00.//	02.01 04.15	03.01 04.//		1.2			
02.01 00.//	02.01 03.20	03.01 04.//			0.4		
02.01 00.//						фон	
16.03 09.35	16.03 10.50	16.03 12.50	1.8				невозмущенная
16.03 09.35				фон			
16.03 09.35					фон		
16.03 09.35						фон	
18.04 07.//	18.04 17.25	19.04 03.//	2.2				невозмущенная
18.04 07.//				фон			
18.04 07.//					фон		
18.04 07.//						фон	
15.05 21.//	15.05 23.15	16.05 01.//	2.2				невозмущенная
15.05 21.//				фон			
15.05 21.//					фон		
15.05 21.//						фон	

СОСТОЯНИЕ ИОНОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

Состояние ионосферы средних широт по данным станций ПЭБ Электроугли (Москва – Фг.м.= 51,7) и/или Горьковская (Санкт-Петербург – Фг. м.=56) характеризовалось:

- в течение 98 суток (27% времени) слабыми отрицательными отклонениями критических частот слоя F2 от медианных значений;
 - в течение 16 суток (4%) - умеренными отрицательными отклонениями;
 - в течение 106 суток (29% времени) - слабыми положительными отклонениями критических частот слоя F2 от медианных значений;
 - в течение 13 суток (4% времени) – умеренными положительными отклонениями;
- сильные положительные отклонения не регистрировались.

Сильных отрицательных отклонений критических частот слоя F2 от медианных значений в 2016 году не наблюдалось. Для сравнения, в 2015 году сильные отрицательные отклонения наблюдались в течение 11 суток (3 %).

Положительных отклонений критических частот в области F2 более всего было зарегистрировано в феврале месяце (как и в 2015 году); отрицательных отклонений - более всего в октябре-ноябре 2016 года.

Поглощения в авроральной ионосфере зарегистрированные в 2016 году и для сравнения в 2015 году станциями Мурманск (Ловозеро) и Салехард представлены в табл. 6.

Таблица 6. Характеристика поглощений, зарегистрированных в авральной ионосфере.

Характеристика поглощения	Количество суток			
	Ловозеро		Салехард	
	2016 год	2015 год	2016 год	2015 год
Сильное поглощение	12	6	19	15
Умеренное поглощение	56	45	67	59
Слабое поглощение	152	144	159	165

34 геомагнитные бури (70%) из 47 сопровождались отрицательными отклонениями критических частот f_o в области F2 на средних широтах, причем, во время двенадцати бурь зарегистрированы умеренные (балл 2) и слабые отрицательные отклонения критических частот f_o в области F2 на большинстве среднеширотных станций европейской и восточной части Российской Федерации.

По сведениям, полученным от постоянных потребителей радиопрогнозов Мурманского региона, практическое ухудшение условий радиосвязи в КВ-диапазоне из-за магнитных возмущений отмечено в течение 171 суток (47% времени), из них более всего в мае-июне и сентябре-октябре. Состояние ионосферы по данным высокоширотных наземных станций вертикального радиозондирования ионосферы Мурманск (Ловозеро) и Салехард в период магнитной бури от 24 по 30 октября 2016 года представлено на рисунках 15,16. Зарегистрировано сильное поглощение в полярной ионосфере и ухудшение (или отсутствие полностью) радиосвязи в КВ-диапазоне

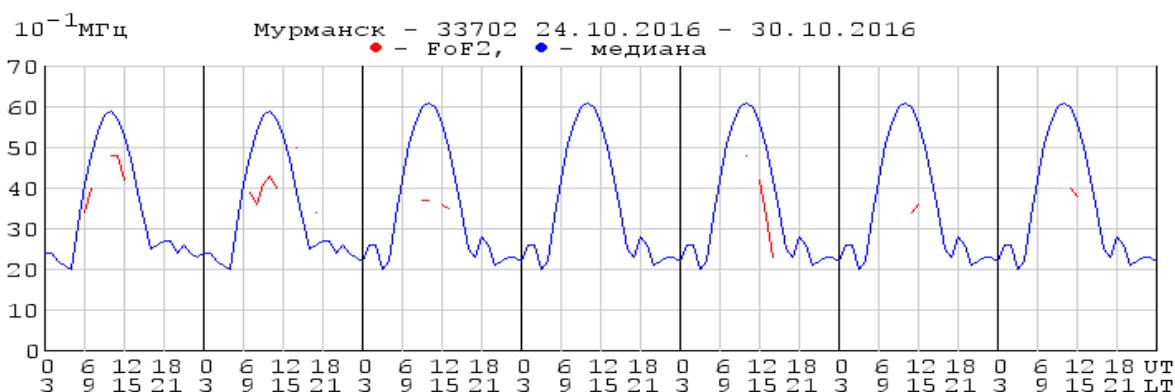


Рис. 15 Состояние ионосферы по данным ст. Мурманск.

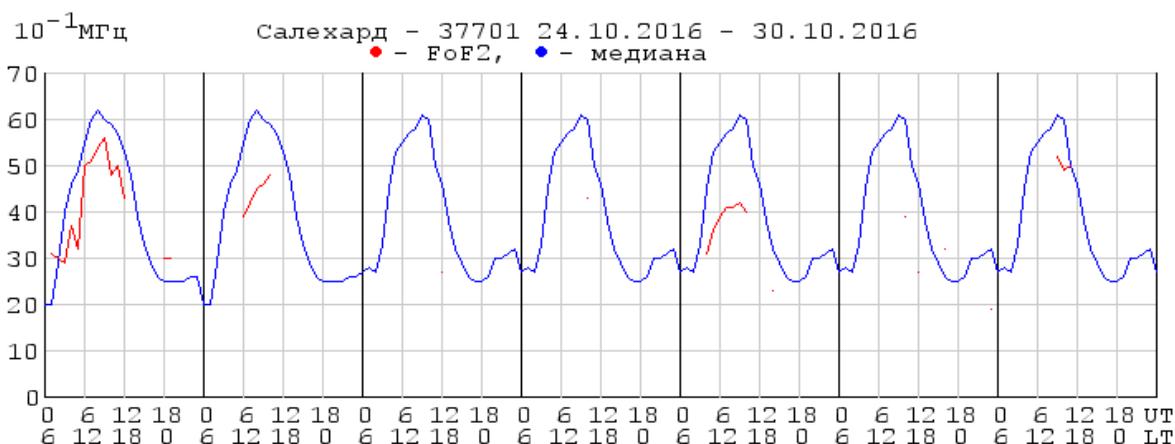


Рис. 16. Состояние ионосферы по данным ст. Салехард.

Гелиогеофизическая служба в 2016 году выпустила 30 предупреждений о неблагоприятных гелиогеофизических условиях (PRESTO), из них:

- 26 предупреждений о возмущениях магнитного поля Земли;
- 2 предупреждения о регистрации мощных вспышек на видимом диске Солнца;
- 2 предупреждения о вторжении потоков протонов солнечных космических лучей в околоземное космическое пространство.

Из данных, приведенных в этом разделе, видно, что по различным характеристикам солнечной активности, весь период с 2007 года по настоящее время можно рассматривать как аномальный, включая как рекордно глубокий минимум в начале этого периода, так и один из самых низких среди наблюдавшихся максимумов 11-летних солнечных циклов.

Учитывая продолжающийся рост внимания Всемирной метеорологической организации (WMO) к поискам связи солнечной активности с климатом, аномальный по уровню активности период 24 солнечного цикла может стать важным источником пополнения базы данных для этих исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Denkmayr K., Cugnon P. About Sunspot Number Medium-Term Predictions // Solar-Terrestrial Prediction Workshop V 1997, Japan, 103.
2. Waldmeier Zs. f. Astrophys., 19, 21, 1939; 20, 172, 1940; 21, 85, 1942 21, 109, 1942.
3. <http://www.sidc.be/silso/>
4. <http://www.swpc.noaa.gov/ftpdire/plots/xray.html>.
5. <http://sohowww.nascom.nasa.gov/data/realtime/gif/>
6. <http://www.spaceweather.com/archive.php/>

ANALYSIS OF THE HELIOGEOPHYSICAL SITUATION BY THE DATA OF THE MONITORING SYSTEM OF ROSHYDROMET (FGBU "IPG") IN 2016

V. I. Denisova, V. B. Lapshin, A. Yu. Repin, M. Yu. Filippov, E. N. Khotenko

The state of the heliogeophysical situation in 2016 is considered according to the monitoring conducted by the Institute. The indices of the solar activity, of the earth's magnetic field and the ionosphere are given, and the radiation situation in near-earth space in the considered year is characterized.

KEYWORDS: SOLAR ACTIVITY, INDICES, THE EARTH'S MAGNETIC FIELD, RADIATION, SPACE