

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ СОЛНЦА. ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ С ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ Общие требования

СТО 52.26.002-2013

Cosmic rays and electromagnetic radiation of Sun.
Heliogeophysical monitoring from the Earth surface
General requirements

Москва
ФГБУ "ИПГ"
2013 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

1 РАЗРАБОТАН ФГБУ "Институт прикладной геофизики имени академика Е.К.Федорова"

2 РАЗРАБОТЧИКИ: Буров В.А., канд. физ.-мат. наук; Денисова В.И.; Дьяков В.П., канд. физ.-мат. наук; Лапшин В.Б., д-р физ.-мат. наук; Минлигареев В.Т., д-р техн. наук; Морозова М.А., канд. хим. наук; Свидский П.М., канд. физ.-мат. наук; Сыроешкин А.В., д-р биол. наук; Тасенко С.В., канд. техн. наук; Тertyшников А.В., д-р техн. наук; Чиквиладзе Г.Н., канд. техн. наук.

3 СОГЛАСОВАН с техническим комитетом по стандартизации ТК-101 «Метрологическое обеспечение измерений физических полей в околоземном космическом пространстве, магнитосфере, ионосфере и атмосфере» (проведена научно-техническая экспертиза стандарта, протокол № 6 от 6 ноября 2012 года); принят на Ученом совете ФГБУ «ИПГ» 21 ноября 2012 года (протокол №22).

4 УТВЕРЖДЕН приказом директора ФГБУ "ИПГ" № 34 от 9 сентября 2013 года

5 ЗАРЕГИСТРИРОВАН ФГБУ "ИПГ" за номером СТО52.26.002-2013

6 РАЗРАБОТАН ВПЕРВЫЕ

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и/или распространен без разрешения ФГБУ "ИПГ".

Содержание

1 Область применения.....	1
2 Нормативные ссылки.....	1
3 Термины и определения.....	3
4 Обозначения и сокращения.....	5
5 Состав измерительных средств для производства гелиогеофизического мониторинга с поверхности Земли.....	8
6 Общие требования к пунктам гелиогеофизических наблюдений.....	28
7 Общие требования к прогностической информации.....	28
8 Использование данных наземной сети гелиогеофизического мониторинга при составлении прогнозов космической погоды.....	29
9 Порядок составления штормовых предупреждений.....	30
10 Оценка качества штормовых предупреждений.....	34
Приложение А Методики расчетов.....	36
Приложение Б Требования к средствам наблюдений за космической погодой с поверхности Земли.....	40
Приложение В Рекомендуемая литература.....	41
Библиография.....	42

Стандарт организации СТО 52.26.002-2013

**КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ И
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ СОЛНЦА.
ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ С ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ**

Общие требования

Cosmic rays and electromagnetic radiation of Sun. Heliogeophysical monitoring from the Earth surface. General requirements

Дата введения – 2013-12-01

1 Область применения

Настоящий стандарт организации (далее – СТО), устанавливает общие правила организации и проведения гелиогеофизического мониторинга с поверхности Земли инструментальными методами организациями Росгидромета и других ведомств, осуществляющих гелиогеофизический мониторинг.

2 Нормативные ссылки

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 1.2-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила разработки, утверждения, обновления и отмены

ГОСТ Р 1.5-2012. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения

ГОСТ 25645.103-84. Условия физические космического пространства.

Термины и определения

ГОСТ 25645.104-84. Лучи космические. Термины и определения

ГОСТ 25645.105-84. Лучи космические солнечные. Термины и определения

ГОСТ 25645.113-84. Ионосфера Земли. Термины и определения

ГОСТ 25645.129-86. Излучение рентгеновское солнечное. Временные характеристики

ГОСТ 25645.130-86. Излучение рентгеновское солнечное. Амплитудные характеристики

ГОСТ 25645.136-86. Ветер солнечный. Состав, концентрация частиц и скорость

ГОСТ 25645.145-88. Излучение солнечное мягкое. Модель плотности потоков при отсутствии вспышек

ГОСТ 25645.148-89. Гамма-излучение солнечное. Энергетический спектр

ГОСТ 25645.149-89. Излучение солнечное ультрафиолетовое коротковолновое. Характеристики потоков

РД 50-25645.120-85. Методические указания. Атмосфера Земли верхняя. Методика расчета индексов солнечной и геомагнитной активности для определения плотности

РД 52.04.567-2003. Положение о государственной наблюдательной сети

РД 52.14.642-2003. Текстовые документы. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению

РД 52.88.699-2008. Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений

ПР 45.02-97. Правила по стандартизации. Отраслевая система стандартизации. Принципы разработки нормативных документов

П р и м е ч а н и е – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

Термин	Определение
1	2
Заблаговременность штормового предупреждения	Время от момента передачи предупреждения до момента возникновения ОГЯ
Краткосрочный прогноз	Прогноз величин и явлений на период от 1 часа до 72 часов (3 сут)
Неблагоприятные гелиогеофизические явления (НГЯ)	Явления, которые значительно затрудняют или препятствуют нормальному функционированию технологических и биологических систем как на Земле, так и в околоземном космическом пространстве
Опасные гелиогеофизические явления (ОГЯ)	Процессы и явления, возникающие в околоземном космическом пространстве, которые по своей интенсивности, масштабу распространения и продолжительности оказывают или могут оказать поражающее воздействие на функционирование технологических и биологических систем как на Земле, так и в околоземном космическом пространстве
Оправдываемость прогнозов космической погоды	Степень соответствия прогнозируемых величин и явлений фактически наблюдавшимся
Оправдываемость штормовых	Степень соответствия прогнозируемых характеристик ОГЯ фактически наблюдавшимся

1	2
предупреждений	явлениям (значениям величин)
Оценка качества прогнозов погоды (штормовых предупреждений)	Установление количественных характеристик связи между соответствующими выборками прогнозов (штормовых предупреждений) и наблюдений
Период действия прогноза космической погоды (срок прогноза)	Промежуток времени, на который дается прогноз погоды
Плотность потока солнечного излучения (Solar Flux) на длине волны 10,7 см (F10,7)	Является характеристикой интенсивности солнечного излучения. П р и м е ч а н и е – В одно и то же время плотность потока солнечного излучения, приходящаяся на различные участки (равной площади) воображаемой сферы, в центре которой находится Солнце, могут значительно отличаться. Это связано с пространственной неоднородностью интенсивности солнечного излучения, что хорошо видно на фотографиях SOHO (LASCO)
Постоянно обновляемый краткосрочный прогноз космической погоды (наукастинг)	Прогноз космической погоды, постоянно обновляемый в режиме реального времени с шагом не более 5 минут
Предупрежденность случаев ОГЯ	Отношение числа правильно спрогнозированных ОГЯ к общему числу наблюдавшихся случаев данного ОГЯ
Прогноз космической погоды общего назначения (пользования)	Прогноз космической погоды, не имеющий определенной специфики, предназначенный для обеспечения пользователей (потребителей): населения, органов государственной власти, Вооруженных Сил Российской Федерации и др.
Солнечная единица потока (сеп)	10^{-22} Вт/(м ² Гц)
Число Вольфа (относительное число солнечных пятен, цюрихское число, Wolfnumber)	Названо в честь швейцарского астронома Рудольфа Вольфа, является широко используемым численным показателем количества пятен на Солнце. П р и м е ч а н и е – Число Вольфа для суток вычисляется по формуле: $W = k(f + 10g)$, где: W – число Вольфа, f – количество наблюдаемых пятен, g – количество наблюдаемых групп пятен, k – нормировочный коэффициент
Число наблюдаемых солнечных пятен (ISN – International Sunspot	Является индексом солнечной активности, отражающим число отдельных и групповых пятен на Солнце

1	2
Number)	
Штормовое оповещение	Сообщение о начавшемся ОГЯ
Штормовое предупреждение	Прогноз возникновения, сохранения и усиления ОГЯ
Эффективность штормового предупреждения	Комплексная характеристика качества штормового предупреждения, учитывающая его оправдываемость и заблаговременность
Ян	Внесистемная единица измерения спектральной плотности потока излучения, применяемая в радиоастрономии ($10^{-27} \text{ Вт} \cdot \text{Гц}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$)

В настоящем стандарте используются термины и определения физических параметров согласно ГОСТ 25645.103-84, ГОСТ 25645.104-84, ГОСТ 25645.105-84 и ГОСТ 25645.113-84.

4 Обозначения и сокращения

АМГ – автоматизированный мюонный годоскоп;

АО – астрономическая обсерватория;

АП – анализатор поляризации;

АПИ – анализатор поляризованного излучения;

БВК – большой внезатменный коронограф;

БСА ФИАН – Большая синхронная антенна радиотелескопа Физического института РАН;

ВКЛ – вторичные космические лучи;

ВКМ – выброс корональных масс;

ВМО – Всемирная метеорологическая организация;

ГАС ГАО РАН – Кисловодская горная астрономическая станция Главной (Пулковской) астрономической обсерватории;

ИГГ РАН – Институт географии РАН;

ИЗМИРАН – Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН;

ИК – инфракрасный;

ИКИР РАН – Институт космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения РАН;

ИКФИА РАН – Институт космофизических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера Сибирского отделения РАН;

ИПГ – федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт прикладной геофизики имени академика Е.К.Федорова» (ФГБУ «ИПГ»);

ИСЗФ СО РАН – Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения РАН;

ИЯИ РАН – Институт ядерных исследований РАН;

КВ – коротковолновый (от 3 до 30 МГц);

КИКМ – Корональный инфракрасный магнитограф;

ММП – межпланетное магнитное поле;

ММРСП – Многоканальный микроволновый радиоспектрополяриметр;

МПВ – Магнитограф полного вектора солнечных магнитных полей;

МФПУ – матричное фотоприемное устройство

НГЯ – неблагоприятные гелиогеофизические явления;

НИУ – научно-исследовательское учреждение;

ОГЯ – опасные гелиогеофизические явления;

ОЯ – опасные явления;

ПГИ РАН – Полярный геофизический институт РАН;

ПЗС – прибор с зарядовой связью;

ПЗСФ – ПЗС фотометр;

ПИО – питающая оптика;

ПО – программное обеспечение;

ПЛИС – программируемая логическая схема;

ПРАКМММ – Пушинский радиоастрономический комплекс мониторинга межпланетных мерцаний;

ПРАО АКЦ ФИ РАН – Пущинская радиоастрономическая обсерватория
Астрокосмического центра Физического института РАН;

РАН – Российская академия наук;

РАТАН-600 – радиотелескоп РАН диаметром около 600 метров;

РМ – рефлектометр;

СГ – спектрограф;

СЗК – Синоптический солнечный зеркальный коронограф;

СКЛ – солнечные космические лучи;

СОЛСИТ – Солнечный синоптический телескоп;

ССРГ – многоволновой радиогелиограф в составе ССРТ;

ССРТ – Сибирский солнечный радиотелескоп;

СТГС – система тонкого гидирования и сканирования;

СТОП – Солнечный телескоп оперативных прогнозов;

СУРО – Система управления, регистрации и предварительной обработки
данных;

ТГУ – Томский государственный университет;

ТЕМП – телескоп мюонный поворотный;

УАФО ДВО РАН – Уссурийская астрофизическая обсерватория
Дальневосточного отделения РАН;

УГМАВ – Управление геофизического мониторинга, активных воздействий и
государственного надзора;

УГМС – Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей
среды;

f – количество наблюдаемых пятен;

g – количество наблюдаемых групп пятен;

W – число Вольфа;

5 Состав измерительных средств для производства гелиогеофизического мониторинга с поверхности Земли

Наземный комплекс мониторинга солнечной активности используется для наблюдений в оптическом и радиодиапазонах.

Наземная наблюдательная сеть должна обеспечивать:

- картирование Солнца (и ближней короны) в оптическом и сантиметровом диапазонах на ряде фиксированных длин волн с измерением яркостных и поляризационных характеристик, расщеплений и сдвигов линий, что позволяет, в конечном счете, получать информацию о структуре движений, магнитных полях;

- патруль хромосферы – вспышки, волокна;

- патруль радиовсплесков с определением их спектрального типа;

- патруль транзиентов в солнечном ветре радиоастрономическими методами – измерением характеристик радиомерцаний космических источников;

- патруль спектра космических лучей по измерению на различных широтах вторичных космических лучей (ВКЛ) для определения крупномасштабных возмущений межпланетного магнитного поля (ММП) по наблюдениям вариаций интенсивности в энергичной части спектра космических лучей, определения геоэффективности выбросов корональных масс (ВКМ) по наблюдениям вариаций ВКЛ на широтно-долготной разнесенной сети мониторов ВКЛ.

Для получения указанной информации необходимо использовать уникальную аппаратуру с использованием автоматизированной системы управления, обработки данных (таблица 1).

5.1 Гелиогеофизический мониторинг с поверхности Земли

Назначение. Мониторинг солнечных событий: вариаций солнечного ветра, солнечных вспышек, развития корональных дыр, выброса корональных масс, солнечных пятен.

Таблица 1 – Перечень измерительных средств для производства гелиогеофизического мониторинга с поверхности Земли

Назва- ние обору- дова- ния (при- бора)	Место установки (расположения)	Вид получаемой информации	Пери- одич- ность предо- ставле- ния инфор- мации	Объем переда- ваемой инфор- мации	Методики		Приме- чание
					Первич- ная	Темати- ческая	
1	2	3	4	5	6	7	8
СТОП- 1	Байкальская АО ИСЗФ СО РАН пос. Листвянка Иркутской обл.	Карты распреде- ления на видимом диске Солнца продольных компонент крупномас- штабных магнитных полей и полей скорости	До 12 карт в тече- ние дня в зави- симо- сти от пого- дных усло- вий	До 5 МБ в сутки с каж- дой обсе- рва- тории	Аппарат- нопрог- раммная обработ- ка для построе- ния мат- ричных полей парамет- ров Сток- са и доп- леров- ских сдвигов	Расчетные модельные процедуры экстрапо- ляции магнитных полей для оценки условий формиро- вания солнечно- го ветра	Объеди- ненная сеть из трех разнесен- ных по долготе солнеч- ных телеско- пов- стокс- метров
СТОП- 2	ГАС ГАО РАН р-н Кисловодска гора ШатЖад Маз, Республика Карачаево- Черкессия						
СТОП- 3	УАФО ДВО РАН Приморский край, Уссурий- ский район, с. Горнотаежное						
СОЛС ИТ – Солнеч ный синоп- тиче- ский теле- скоп	Саянская солнечная обсерватория ИСЗФ СО РАН, поселок Монды, Тункинский р-н, Бурятия	Двумерные карты наблю- дения Солнца с угловым разрешением 1" в спект- ральных линиях в диапазоне от 500 до 1100 нм с разрешением 250000, обеспечение режима магнитогра- фии	До 6 карт в тече- ние дня в зави- симо- сти от пого- дных усло- вий	До 20МБ в день с каж- дой обсер- ватории	Аппа- ратная регист- рация сигна- лов матрич- ных фото- прием- ников и ввод в ЭВМ	Про- граммные средства построе- ния карт	Долго- тно разне- сенная сеть из двух солне- чных теле- скопов
Адапти- рован- ный патр уль- ный солн еч-ный телескоп	ГАС ГАО РАН						
МПВ – Маг- нито- граф полно- го век-	Саянская солнечная обсерватория ИСЗФ СО РАН	За 30 мин – обзорная карта рас- пределения магнитного поля всего	До 6 карт в тече- ние дня в	До 30 МБ в день	Аппарат- но-про- граммная обработ- ка дан- ных по	Програм- мный комплекс структур- ного восстано-	Сопря- гается с СОЛ- СИТ как с пита-

1	2	3	4	5	6	7	8
тора солнечных магнитных полей		диска Солнца с разрешением 1 угл. секунда, 1 час – прецизионное сканирование активных областей	зависимости от погодных условий		поляризации и интенсивности с координатно-временной привязкой	вления, построения карт распределения параметров	ющей оптической системой
СЗК – Солнечный зеркальный коронограф со сверхнизким рассеянием света и охлаждаемым МФПУ	Саянская солнечная обсерватория ИСЗФ СО РАН	Серии спектральных изображений тонких, с высоким пространственным и временным разрешением, структурных образований в короне на расстоянии более 0,25 солнечных радиусов от лимба	До 15 снимков динамических структур в течение дня	До 30 МБ	Аппаратно-программная обработка сигналов МФПУ с координатно-временной и спектрально-поляризационной привязкой	Программный комплекс структурного восстановления, построения карт распределения параметров и их динамики	Аппаратурный вклад рассеянного света не более 0,005 от атмосферного на расстояниях до 1 радиуса Солнца от лимба
КИКМ – Корональный инфракрасный магнитограф для лимбовых измерений	Саянская солнечная обсерватория ИСЗФ СО РАН Кисловодская ГАС ГАО РАН	Картирование параметров Стокса на прилибовых участках хромосферы и короны протяженностью 20° и шириной 0,03° в спектральном диапазоне от 1070 до 1085 нм, время не более 30 минут на участок	До 10 карт в день в зависимости от погодных условий	До 20 МБ в день	Аппаратно-программная обработка спектрально-поляризационных данных с координатно-временной привязкой	Программный комплекс структурного восстановления, построения карт распределения магнитного поля	В качестве питающей оптики используются БВК и незатменные коронографы разработки ГАО-ИЗМИ-РАН
ММРСП – Многоканальный микро-	Урочище Бадары, Республика Бурятия	Параллельное многочастотное (100 каналов) сканирование Сол-	Непрерывный мониторинг в течение	Непрерывный поток	Аппаратно-программная обработка	Программный комплекс выявления и	Функции спектрополяриметра выпол-

1	2	3	4	5	6	7	8
волно- вый радио- спектро- поляри- метр		нца в широ- ком диапазо- не частот от 0,75 ГГц до 30 ГГц с вы- соким разре- шением (до 15 угловых секунд)	свето- вого дня (не менее 8 ч)	дан- ных с тем- пом 1 МБ/с	спект- рально- поляри- зацион- ных данных с загруз- кой в базу	определе- ния парамет- ров всплесков	няются в коорди- нации с монито- рингом ССРТ
ССРТ – Сибир- ский солнеч- ный радио- теле- скоп	Урочище Бадары, Республика Бурятия	Временной ход с субсе- кундным раз- решением ин- тенсивности, спектров в диапазоне от 2 до 24 ГГц и поляризации всплесков ра- диоизлучения во время сол- нечных вспы- шек или вы- бросов коро- нальной массы	Непре- рыв- ный мони- торинг в тече- ние свето- вого дня (не менее 8 ч)	Непре- рыв- ный поток дан- ных, темп до 50 МБ/с	Аппара- тно-про- грамм- ный комп- лекс сбора и анализа первич- ных данных с за- грузкой в базу	Програм- мный комплекс модель- ных расчетов распреде- ления магнит- ного поля в ближней короне	НИР выпол- няется на базе ССРТ как до- осна- щение и глу- бокая рекон- струк- ция радио- теле- скопа
ССРТ – Сибир- ский солнеч- ный радио- теле- скоп	Урочище Бадары, Республика Бурятия	Простран- венно-частот- ные (от 4 до 9 ГГц) карты радио- излучения ближней ко- роны в левой и правой круговых поляризациях	До 61 скана за 4 ч вбли- зи мест- ного полу- дня ежед- невно	Экс- пресс дан- ные 3 МБ на скан	Коррек- ция инс- трумен- тальных погреш- ностей, загрузка в ло- кальную базу	Програм- мный комплекс анализа простран- ственных и спект- ральных характер- истик	НИР выпол- няется на РАТАН- 600 как доосна- щение радио- теле- скопа
ПРАК- МММ– Пушин- ский радио- астро- номи- ческий комп- лекс монито- ринга межпланетных	ПРАОАКЦ ФИ РАН, г. Пушкино, Московской обл.	Картирова- ние парамет- ров меж- планетных мерцаний на частоте 111 МГц с угловым разрешени- ем не хуже 5° – как индикатора возмущений в солнечном	До 4 обзор- ных карт в сутки, паке- тами для участ- ков 8°•8°	Экс- пресс дан- ные 5 МБ на обзор- ную карту	Многока- нальная регистра- ция сигналов во всех лучах диаграм- мы как функции времени и загрузка в опера-	Програм- мный комплекс нормали- зации данных мерцаний источни- ков	Допол- нение к Большой синх- ронной антен- не (БСА ФИАН)

1	2	3	4	5	6	7	8
мерца- ний		ветре			тивную базу		
АМГ ТЕМП – Авто- матизи- рован- ный мюон- ный годо- скоп	Москва, Хабаровск	Ежеминутные двумерные снимки-мат- рицы углово- го распреде- ления потока мюонов с разрешением не хуже 2°	1440 кад- ров- матриц за сутки в еже- минут- ном темпе	До 6 МБ на 1 кадр	Многока- нальная регистра- ция сче- та в ячей- ках с загрузкой в опера- тивную базу	Програм- мный комплекс вычисле- ния треков и построе- ния угловых матриц	Создает- ся сеть из двух дол- готно разнесен- ных из- мери- тельных комплек- сов
“Нейт- ронный мони- тор” (соглас- но тре- бовани- ям ООН – единс- твенный вид ге- лиогео- физиче- ских на- блюде- ний с поверх- ности Земли	1) Москва (ИЗМИРАН), 2) Мирный (Антарктида, ИЗМИРАН), 3) Апатиты (ПГИ РАН), 4) Баксанская нейтринная обсерватория (ИЯИ РАН) – Эльбрусский район, Кабарди- но-Балкария, 5) Магадан (ИКИР РАН), 6) Норильск (ИСЗФ РАН), 7) Новосибирск (ИГГ РАН), 8) Тикси (ИКФИА РАН), 9) Якутск (ИКФИА РАН), 10) Иркутск (ИСЗФ РАН)	Ежеминут- ные данные по плотности потока ВКЛ	Не- пре- рыв- ный мони- то- ринг в еже- ми- нут- ном темпе	До 1 Мб в сутки от каж- дой стан- ции	Дина- мика потока ВКЛ, опреде- ление кинети- ки развития Форбуш -пони- жений	Расчет энергети- ческого спектра первич- ных космиче- ских лучей, прогнози- рование геоэффек- тивности ВКМ, прогнози- рование и локализа- ция при- земных всплесков ВКЛ	Сеть нейт- рон- ных мони- торов, разне- сенных по широте и дол- готе по всей терри- тории РФ
Мони- торинг солнеч- ного радио- излуче- ния	Москва (ИЗМИРАН), Томск (ТГУ), Красноярск (УГМС), Петропавловск- Камчатский (УГМС)	Опреде- ление солнеч- ного радио- излучения на длине волны в сан- тиметровом диапазоне длин волн	Не- пре- рыв- ный мони- то- ринг	До 200 кБ в сутки	Контроль динамики плотнос- ти потока энергии радио- излуче- ния	Прогноз динамики солнеч- ных вспы- шек и на- укастинг протон- ных событий	Исполь- зуется долгот- норазне- сенная сеть де- текторов радиоиз- лучения

Содержание выполняемых работ:

- картирование Солнца (и ближней короны) в оптическом и сантиметровом диапазонах на ряде фиксированных длин волн с измерением яркостных и поляризационных характеристик, расщеплений и сдвигов линий, что позволяет, в конечном счете, получать информацию о структуре движений, магнитных полях;

-наблюдение за хромосферой – вспышками, волокнами;

-мониторинг радиовсплесков с определением их спектрального типа;

- мониторинг транзиентов в солнечном ветре радиоастрономическими методами – измерением характеристик радиомерцаний космических источников;

- мониторинг спектра космических лучей по измерению на различных широтах ВКЛ;

- мониторинг крупномасштабных возмущений ММП по наблюдениям вариаций интенсивности в энергичной части спектра космических лучей;

- мониторинг фонового уровня и приземного увеличения ВКЛ;

- контроль индекса солнечной активности (месяц, год) – числа Вольфа (W).

5.2 Гелиогеофизический мониторинга с поверхности Земли в обеспечение прогноза космической погоды

Прогностический гелиогеофизический мониторинг с поверхности Земли включает в себя следующие виды работ:

- проведение прогноза геоэффективности ВКМ по наблюдениям вариаций ВКЛ на широтно и долготно разнесённой сети мониторов ВКЛ (мюонных годоскопов и нейтронных мониторов);

- проведение прогноза увеличения потока ВКЛ у поверхности Земли – так называемого Ground Level Enhancement (GLE).

5.3 Наблюдаемые гелиогеофизические явления

Для перечисленных гелиогеофизических явлений необходимо осуществлять мониторинг возникновения и определять их геоэффективность:

- солнечные вспышки;
- выбросы корональных масс;
- формирование корональных дыр.

5.4 Аппаратура, размещаемая на станциях для измерения гелиогеофизических параметров

Солнечный телескоп оперативных прогнозов СТОП

Технические требования должны определяться функциональным назначением СТОП, точностью и оперативностью получения данных, условиями и режимом эксплуатации, составом современных комплектующих изделий и их характеристиками, а также требованием использования в составе СТОП средств и оборудования, по возможности, стандартных, промышленного изготовления для сохранения метрологической точности в процессе ремонта, обновления и модернизации. Технические требования к СТОП приведены в таблице 2.

Солнечный синоптический телескоп СОЛСИТ

Солнечный синоптический телескоп (СОЛнечный Синоптический Телескоп – “СОЛСИТ”) для мониторинга векторных магнитных полей, движений плазмы и структуры хромосферы. Технические требования к СОЛСИТ приведены в таблице 3.

Магнитограф полного вектора фотосферного поля

Магнитограф (таблица 4) проектируется с условием обеспечения работы в составе СОЛСИТ, который должен выполнять функции обеспечения входного светового потока.

Таблица 2

Солнечный телескоп оперативных прогнозов Технические требования	
Наименование прибора, блока, состав	Назначение, характеристики
Солнечный телескоп оперативных прогнозов (СТОП)	• обеспечение регулярных наблюдений крупномасштабных магнитных полей и полей скорости на Солнце; • крупномасштабные магнитные поля Солнца должны регистрироваться с точностью $\sim 10^{-5}$ Тл
Питающая оптика (ПИО), в составе: -рефракторный объектив, - целостат	• диаметр от 40 до 50 мм; • фокусное расстояние от 500 до 1000 мм; • диаметр зеркал 150 мм
Спектрограф (СГ), в составе: - узел входной щели, - объектив, - дифракционная решетка, - диагональное зеркало, - широкополосные светофильтры	• высокоточный спектрограф автоколлимационного типа; • дисперсия не менее $0,4 \text{ \AA}/\text{мм}$
ПЗС фотометр (ПЗСФ), с трехмерной координатной электромеханической платформой	• максимальная спектральная чувствительность в зеленой области; • динамический диапазон 12 бит
Анализатор поляризованного излучения (АПИ) в составе: - поляризационная призма, - поляроиды, - электрооптические кристаллы, - фазовые пластинки	• выделение четырех параметров Стокса; • разделение параметров солнечного происхождения и инструментального; • точность измерения степени поляризации не хуже 10^{-4}
Система тонкого гидирования и сканирования (СТГС) в составе: - ПЗС матрицы, - электроприводы, - подвижные платформы	• координатные измерения изображения Солнца с точностью ~ 10 угл. секунд
Система управления, регистрации и предварительной обработки данных (СУРО), в составе: - интерфейсы, - линии связи и передачи данных, - блоки управления и питания, - микропроцессоры, - персональный компьютер, - программное обеспечение (ПО)	• управление подсистемами телескопа; • сбор и предварительная обработка данных; • визуализация измеряемых параметров в квазиреальном времени; • обеспечение работы в интерактивном режиме
Эксплуатационные требования: Должна быть обеспечена работоспособность СТОП при относительной влажности окружающего воздуха $(60 \pm 20) \%$, атмосферном давлении (95 ± 12) кПа. Устройства управления и высоковольтный блок эксплуатируются в защищенном от осадков неотапливаемом помещении при температуре окружающего воздуха от минус 30°C до $+30^\circ\text{C}$	

Таблица 3

Солнечный синоптический телескоп Технические требования	
Наименование прибора, блока, состав	Назначение, характеристики
Солнечный синоптический телескоп	• обеспечение регулярных наблюдений крупномасштабных магнитных полей и полей скорости на Солнце
Астрономическая башня с раздвижным куполом	• размещение телескопа
Монтировка с размещаемой питающей оптической системой из основного и дополнительного телескопов	• длина всего инструмента около 3 м; • входная апертура основного телескопа от 0,3 до 0,5 м, • оптическая схема имеет атермическую оптику; • инструментальная поляризация меньше 10^{-3}; • спектральный интервал от 500 до 1100 нм (возможно до 1500 нм); • разрешение 1 угл. с (на пиксель) по всему полю зрения (около 1°) с минимальной геометрической дисторсией
Спектрограф	• спектральное разрешение спектрографа около 250000
Автоматическая система управления, регистрации и обработки	• точность гидирования лучше 0,5 угл. с (среднеквадратичная); • оперативный контроль инструментальной поляризационной матрицы телескопа
Эксплуатационные требования: Телескоп должен обеспечивать работу в режиме векторной магнитографии с получением данных о напряженности и направлении магнитного поля в фотосфере по всему солнечному диску за время экспозиции не более 30 минут, а также карт продольной компоненты магнитного поля в нескольких спектральных линиях, соответствующих разным высотам в солнечной атмосфере, и изображения хромосферы в одной из сильных линий (от дополнительного телескопа меньшего диаметра). Должно быть выполнено тестирование инструмента и определение его измерительных характеристик в годы, соответствующие разным фазам цикла солнечной активности, для которых характерны различные параметры магнитных полей	

Солнечный зеркальный коронограф

Синоптический солнечный зеркальный коронограф (СЗК) предназначен для мониторинга выбросов корональных масс. Получение информации о тонкой структуре корональных образований и их эволюции в связи с возникновением ВКМ требует наблюдений короны в разных эмиссионных линиях, поэтому ставится задача разработать зеркальный коронограф со сверхнизким светорассеянием благодаря использованию новых технологий обеспечения высокой гладкости зеркал.

Технические требования к солнечному зеркальному коронографу в табличной форме приведены в таблице 5.

Корональный инфракрасный магнитограф

Магнитограф в ИК-линиях короны (КИКМ) должен обеспечивать измерение магнитного поля в корональных структурах. Он предназначен для диагностики корональных дыр и корональных выбросов как источников стационарных и спорадических потоков солнечного ветра. Магнитограф должен быть функционально согласован с оптической системой и системой автоматического управления большого внезатменного коронографа (БВК).

Технические требования к корональному инфракрасному магнитографу в табличной форме приведены в таблице 6.

Таблица 4

Магнитограф полного вектора фотосферного поля (в составе СОЛСИТ) Технические требования	
Наименование, прибора, блока, состав	Назначение, характеристики
Магнитограф полного вектора фотосферного поля	дистанционное измерение полного вектора магнитного поля на всей видимой поверхности Солнца
Электромеханическая калибровочная насадка	оперативный контроль инструментальной поляризационной матрицы инструмента не реже одного раза в час
Фотогид-сканер	обеспечение режимов сканирования Солнца: <i>быстрое</i> – всего диска за время порядка 30 минут, <i>прецизионное</i> – избранных активных областей за время порядка 1 часа
Анализатор поляризации	обеспечение квазиодновременной регистрации всех параметров Стокса (I,Q,U,V) с поляриметрической точностью: $10^{-3} — 10^{-4}$ для V параметра, $10^{-2} — 10^{-3}$ для Q, U параметров
Узел входной щели спектрографа; фотометр; система управления магнитографом	обеспечение одновременной регистрации профилей Стокса в нескольких спектральных линиях и быстрой перестройки на различные участки спектра
Эксплуатационные характеристики:	
Магнитограф должен устойчиво работать в круглогодичном диапазоне температур, от минус 25 °С до + 30 °С и обеспечивать регулярные, однородные по качеству на длительном интервале времени, наблюдения векторных магнитных полей по всему диску Солнца в максимально автоматизированном режиме. Влияние субъективных факторов, таких как квалификация наблюдателей, должно быть сведено к минимуму	

Таблица 5

Синоптический солнечный зеркальный коронограф Технические требования	
Наименование прибора, блока, состав	Назначение, характеристики
Синоптический солнечный зеркальный коронограф	- мониторинг корональных выбросов массы; - обеспечение получения данных солнечной короны в условиях значений атмосферного рассеянного света не выше 0,005 на расстояниях до 1 радиуса от лимба Солнца
Зеркальный объектив со сверхнизким светорассеянием	- регистрация изображения короны в эмиссионных линиях и поляризованном свете с расстояний не менее 0,25 радиусов от лимба Солнца; - мгновенное поле зрения не менее 20'; - величина рассеянного света в фокальной плоскости коронографа не более 0,01 % от яркости диска Солнца
Спектральная аппаратура	разрешение не ниже 10^3
Матричное фотоприемное устройство	разрешение не хуже 5" на пиксель
Система управления и сбора информации	- обеспечение временной привязки получаемой информации с погрешностью не более 0,1 с, - обеспечение пространственной привязки получаемой информации с погрешностью не более 10"
Эксплуатационные требования: СЗК разрабатывается как автономная оптическая система на отдельной экваториальной установке, обеспечивающей сканирование изображения и автосопровождение наблюдаемого участка короны	

Таблица 6

Корональный инфракрасный магнитограф Технические требования	
Наименование прибора, блока, состав	Назначение, характеристики
1	2
Корональный инфракрасный магнитограф	- устанавливается в оптическую систему БВК Кисловодской горной астрономической станции (ГАО – ИЗМИРАН) диаметром 530 мм и будет использовать применяемую на БВК спектральную аппаратуру; - установка оптических элементов КИКМ не должна приводить к возрастанию величины рассеянного света в фокусе коронографа более, чем на 10 %; - суммарная величина рассеянного света не должна превышать 0,005 % от интенсивности диска Солнца; - получение магнитограмм продольного магнитного поля короны и хромосферы на лимбе Солнца; - одновременная с магнитограммами регистрация параметров Стокса – интенсивности и степени круговой поляризации – в спектральном диапазоне от 10700 до

1	2
	10850 Å
Система управления	• функционально согласована с системами автоматического гидирования и сканирования БВК; • пространственно-временная привязка с погрешностью не хуже 2 угл. с и 0,1 с, соответственно; • получение магнитографической информации путем сканирования участков лимба Солнца протяженностью 20° и по радиусу Солнца на расстояниях не менее 100" за время не более 30 мин
Измерительная и приемно-регистрирующая аппаратура, система регистрации изображения, в составе:	
- поляризационный модулятор; - синхронизированная с ним система регистрации спектров; - охлаждаемое МФПУ; - устройство калибровки поляризационных измерений	• обеспечение регистрации степени круговой поляризации относительно континуума с точностью не хуже 0,1 %; • большеформатное МФПУ с квантовым выходом не менее 70 %; • рабочая температура МФПУ до минус 70 °С; • формат фотоприемного устройства 2к•2к; • размер пиксела от 13 до 16 мкм; • неоднородность чувствительности не более 2 %; • спектральный диапазон от 0,3 до 1,1 мкм; • динамический диапазон не менее 20000
- система сбора и обработ-ки магнитографической информации; - канал передачи данных	• время считывания кадра не более 5 с; • пропускная способность не менее 100 Мбит/с
- персональная ЭВМ с программным обеспечением	• управление контроллером МФПУ; • предварительная обработка и хранение полученных данных
Эксплуатационные требования к системе регистрации: Система регистрации КИКМ должна сопрягаться с оптическими модулями действующих внезатменных коронографов. Данные регистрации изображения должны храниться в стандарте FITS. Система регистрации должна эксплуатироваться (за исключением персональной ЭВМ) при температуре окружающей среды от минус 30 °С до + 35 °С, работать при относительной влажности воздуха до 80 %. Питание от сети переменного тока 220 В 10 %, с частотой 50 Гц. Потребляемая мощность не более 250 Вт. С учетом возможности применения опыта создания КИКМ для оснащения в дальнейшем коронографов (в том числе, на обсерваториях в Кисловодске и Уссурийске) системами регистрации с более высокой чувствительностью, разработчиком рассмотрены перспективные зарубежные устройства с охлаждаемым приемным элементом	

Сибирский солнечный радиотелескоп ССРТ

ССРТ является единственным радиотелескопом России, обеспечивающим режим многократного картографирования полного диска Солнца в

микроволновом излучении ежедневно в течение 8-часового периода наблюдений.

Технические требования к многоканальному микроволновому спектрополяриметру изложены в таблице 7.

Таблица 7

Многоканальный микроволновый спектрополяриметр в составе Сибирского солнечного радиотелескопа Технические требования	
Наименование прибора, блока, состав	Назначение, характеристики
1	2
Многоканальный микроволновый спектрополяриметр	• измерение спектров радиоизлучения, их интенсивности и поляризации во время солнечных вспышек или выбросов корональной массы; • обеспечение приёма обеих круговых поляризаций; • диапазон рабочих частот не менее, чем от 2 до 24 ГГц; • полоса частот мгновенного анализа не менее 50 МГц; • число частотных каналов в полном диапазоне не менее 2000; • точность измерения поляризации не хуже 5 %; • предусмотрена процедура абсолютной калибровки спектрополяриметра по известным естественным источникам (например, по Луне); • предусмотрена оперативная обработка и представление данных спектрополяриметра в реальном времени
Два рефлектора	• диаметры 1,8 и 2,5 м,
Два широкополосных облучателя	• диапазоны от 1 до 18 ГГц, от 18 до 26 ГГц • способны принимать одновременно обе круговые поляризации
Две широкополосные оптические линии для передачи данных от антенн к рабочему зданию	• неравномерность коэффициента передачи в полосе частот от 2 до 24 ГГц не более 6 дБ; • неравномерность коэффициента передачи оптических линий связи в полосе частот от 4 до 9 ГГц не более 5 дБ; • потери на преобразование не более 30 дБ
Приемные устройства (радиометры), учитывающие то, что один из спектрополяриметров будет выполнен с двойным преобразованием частоты	• полоса частот от 2 до 24 ГГц; • число частотных каналов в полной полосе не менее 2000; • одновременный прием левой и правой круговых поляризаций с развязкой не хуже 20 дБ; • флуктуационная чувствительность не хуже 10 сеп
Автокорреляторы	• потока на частоте 6 ГГц; • чувствительность по степени поляризации не хуже 5 %; • время накопления (интегрирования) 0,1 с;

1	2
	• количество каналов не менее 2000; • разрядность 12 бит; • разрядность результирующих (накопленных) данных 32 бита
Системы сбора данных	• поток данных до 1 МБ/с; • возможность абсолютной калибровки потока
Программное обеспечение управления антеннами и сбором данных	• точность наведения антенн должна быть не хуже 1 угловой минуты; • предусмотрена процедура абсолютной калибровки спектрополяриметра по известным естественным источникам (например, по Луне); • предусмотрена оперативная обработка и представление данных спектрополяриметра в реальном масштабе времени
Эксплуатационные требования к системе регистрации: Должна быть обеспечена работа в режиме ежедневных всепогодных наблюдений с оперативной обработкой и выдачей информации в аналитические центры системы гелиогеофизического мониторинга. Аппаратура, установленная на антеннах, должна работать при температурах окружающей среды от минус 40° до + 40 °С	

Многоволновой радиогелиограф

Технические требования к многоволновому радиогелиографу в составе Сибирского солнечного радиотелескопа (ССРГ) приведены в таблице 8.

Солнечный широкодиапазонный спектрально-поляризационный комплекс высокого разрешения на радиотелескопе Специальной астрофизической обсерватории РАТАН-600

Система наблюдения должна обеспечить мониторинг на радиотелескопе РАТАН-600 в течение не менее 4 часов вблизи местного полудня ежедневно в режиме широкодиапазонных спектрально-поляризационных наблюдений активных областей Солнца.

Вид получаемой информации – параллельное многочастотное (100 каналов) сканирование Солнца в широком диапазоне частот от 0,75 ГГц до 30 ГГц с высоким разрешением (до 15 угловых секунд).

Периодичность предоставления информации – до 61 скана за 4 часа вблизи местного полудня ежедневно.

Объем передаваемой информации – экспресс данные 3 МБ на скан.

Таблица 8

Многоволновый радиогелиограф в составе Сибирского солнечного радиотелескопа Технические требования	
Наименование прибора, блока, состав	Назначение, характеристики
Многоволновый радиогелиограф	• получение новой информации о корональных магнитных полях, солнечных вспышках, выбросах корональной массы, строении солнечных протуберанцев, высотной структуре корональных дыр - источников высокоскоростного солнечного ветра; • получение изображений Солнца в диапазоне частот от 4 до 9 ГГц; • одновременный прием левой и правой круговых поляризаций с развязкой не хуже 20 дБ; • одновременное получение изображений на нескольких частотах за счет использования вложенных антенных решеток (используя избыточность антенной системы ССРТ); • чувствительность по яркостной температуре не хуже 100 К; • чувствительность по степени поляризации не хуже 1 %; • пространственное разрешение от 12 до 30 угл. с в полосе частот; • временное разрешение от 1 с в обычном режиме до 0,1 с в режиме наблюдения вспышек
Антенная система	• содержит антенно-фидерный тракт с использованием оптических линий связи; • ширина диаграммы направленности не более 1,5 градусов в полосе частот; • неравномерность коэффициента передачи облучателя в полосе частот от 4 до 9 ГГц не более 3 дБ
Оптические линии связи	• неравномерность коэффициента передачи в полосе частот от 4 до 9 ГГц не более 5 дБ; • потери на преобразование не более 30 дБ
Приемная система	• обеспечивает фильтрацию и корреляционные измерения на множестве парных комбинаций антенн с использованием программируемых логических схем (ПЛИС); • полоса частот квадратурных смесителей от 4 до 9 ГГц; • полоса фильтров низкой частоты от 10 до 15 МГц; • точность подстройки временной задержки не хуже 0,25 нс в диапазоне до 2 мкс; • разрядность корреляторов 1 бит; • разрядность результирующих (накопленных) данных 32 бита; поток данных до 50 МБ/с
Вычислительный комплекс и программное обеспечение	• реализует Фурье-синтез для получения изображений; • управляет антенно-фидерной системой; • осуществляет передачу данных по протоколу TCP/IP; • обеспечивает совместимость формата исходных данных с требованиями пакета CASA (CommonAstronomySoftwareApplication)

Окончание таблицы 8

Эксплуатационные характеристики: Должна быть обеспечена работа в режиме ежедневных всепогодных наблюдений с оперативной обработкой и выдачей информации в аналитические центры системы гелиогеофизического мониторинга
--

Важным преимуществом использования данных наблюдений на РАТАН-600 является большая чувствительность, высокое пространственное и спектральное разрешение при наблюдении малоконтрастных образований, параллельное измерение спектра. Это увеличивает возможности раннего обнаружения подготовительной фазы спорадических процессов в солнечной атмосфере, т. е. заблаговременности предсказаний.

Солнечный широкодиапазонный спектрально-поляризационный комплекс
высокого разрешения в составе РАТАН-600

Технические требования к Солнечному широкодиапазонному спектрально-поляризационному комплексу высокого разрешения на радиотелескопе РАТАН-600 приведены в таблице 9.

Пушинский радиоастрономический комплекс мониторинга межпланетных
мерцаний в составе БСА ФИАН

Назначение получаемой информации – картирование параметров межпланетных мерцаний на частоте 111 МГц с угловым разрешением не хуже 5° как индикатора возмущений в солнечном ветре.

Периодичность предоставления информации – до 4 обзорных карт в сутки, пакетами для участков $8^\circ \times 8^\circ$.

Технические требования к Пушинскому радиоастрономическому комплексу мониторинга межпланетных мерцаний приведены в таблице 10.

Таблица 9

Солнечный широкодиапазонный спектрально-поляризационный комплекс высокого разрешения на радиотелескопе Технические требования	
Наименование прибора, блока, состав	Назначение, характеристики
Солнечный широко-диапазонный спектрально-поляризационный комплекс высокого разрешения на радиотелескопе (дополнения к антенно-аппаратному комплексу для РАТАН-600)	• многоволновые спектрально-поляризационные комплексы в диапазонах от 1 до 6 ГГц, от 6 до 18 ГГц и в миллиметровом диапазоне; • вычислительно-управляющий комплекс, обеспечивающий полную автоматизацию процессов калибровки, многоканальную быструю регистрацию сигналов с большим динамическим диапазоном в режиме многоазимутальных наблюдений
Широкодиапазонный спектрально-поляризационный комплекс высокого разрешения	• пространственное разрешение около 15" в диапазоне сантиметровых волн; • перекрытие диапазона от 500 МГц до 30 ГГц с частотным разрешением от 3 до 5 %; • параллельный анализ спектра на 100 частотных каналах; • регистрация круговой поляризации на каждой частоте; • динамический диапазон не менее 1000 по отношению к уровню спокойного Солнца; • чувствительность по потоку радиоизлучения от 0,01 до 0,05 сеп; • временное перекрытие не менее 4 часов вблизи местного полудня
100-канальная система цифровой регистрации данных	• сбор высокоскоростной информации с функцией исполнительной системы в ходе наблюдений; • изменение параметров всего комплекса адаптивно сигналу, динамическому диапазону, калибровке, усилению и времени быстрого действия
Программно-вычислительный управляющий комплекс и программное обеспечение	• обеспечение полной автоматизации процесса наблюдений с реализацией всех функций многоканального управления и сбора данных
Эксплуатационные характеристики: Должен обеспечиваться режим ежедневных наблюдений в течение выделенного эстафетного интервала, оперативная обработка и передача информации в аналитический центр гелиогеофизического мониторинга	

Автоматизированный мюонный годоскоп

Вид получаемой информации – ежеминутные двумерные снимки-матрицы углового распределения потока мюонов с разрешением не хуже 2°. Основная задача автоматизированного мюонного годоскопа "ТЕМП" –

заблаговременная идентификация геоэффективных возмущений в межпланетной среде.

Таблица 10

Пушкинский радиоастрономический комплекс мониторинга межпланетных мерцаний Технические требования	
Наименование прибора, блока, состав	Назначение, характеристики
Пушкинский радиоастрономический комплекс мониторинга межпланетных мерцаний	• проведение регулярных наблюдений межпланетных мерцаний на радиоастрономическом комплексе Пушкинской радиоастрономической обсерватории Астрономического центра Физического института Российской академии наук (ПРАОАКЦ ФИ РАН), г. Пушкино Московской обл.); • обеспечение мониторинга состояния турбулентной плазмы солнечного ветра с угловым разрешением на небе не хуже 5° по наблюдениям большого числа (не менее 300) радиоисточников в метровом диапазоне радиоволн
Многочувствительная антенная решетка метрового диапазона радиоволн с большой эффективной площадью, в составе: - узлы системы фазирования для новой диаграммы антенны; - антенно-фидерная система с распределенным трактом усиления и калибровки многочувствительной диаграммы	• обеспечение широкого поля зрения радиотелескопа, одновременный обзор участка неба в секторе не менее 8° по склонению с угловым разрешением не хуже $0,5^\circ$; • встроенная система калибровки чувствительности радиотелескопа должна обеспечивать относительную погрешность не более 5 %
Многочувствительный приемно-регистрирующий комплекс с маломощными усилителями с большим динамическим диапазоном	• обеспечение регистрации сигнала одновременно во всех лучах диаграммы антенны; • фильтрация помех в частотной и временной области; • обеспечение высокой чувствительности наблюдений – не хуже 0,1 Ян; • динамический диапазон приемной системы не менее 100 дБ по уровню компрессии 1 дБ
Вычислительный комплекс и программное обеспечение	• управление системой и обработки наблюдательных данных; • регулярные наблюдения мерцаний и сопоставление с данными других наблюдений
Эксплуатационные характеристики: Вычислительный комплекс с разработанным программным обеспечением должен обеспечивать текущую обработку наблюдательных данных в режиме реального времени с анализом уровня помех и результатов калибровки, выполнять анализ мерцаний радиосигнала источников и оценивать состояние околосолнечной и межпланетной плазмы, оперативную передачу информации в систему сбора данных, а также формировать базу данных наблюдений. Комплекс должен обеспечивать проведение наблюдений (мониторинг) в круглосуточном режиме	

Технические требования к Автоматизированному мюонному годоскопу приведены в таблице 11.

Нейтронный монитор

Вид получаемой информации от сети нейтронных мониторов – потоки ВКЛ в зависимости от времени и геомагнитных координат – даются в табличном виде всемирной сети нейтронных мониторов [1].

Основные параметры по нейтронному мониторов представлены в таблице 12.

Таблица 11

Автоматизированный мюонный годоскоп Технические требования	
Наименование прибора, блока, состав	Назначение, характеристики
1	2
Автоматизированный мюонный годоскоп (АМГ ТЕМП)	• ранняя (отдаленная) идентификация мощных ВКМ в межпланетном пространстве; • заблаговременная идентификация геоэффективных возмущений в межпланетной среде; • с целью обеспечения оптимальных условий по продолжительности времени обзора межпланетного пространства будет изготовлено 2 экземпляра АМГ ТЕМП (сеть из двух долготно разнесенных измерительных комплексов); • места установки будут по возможности максимально разнесены по долготам (один планируется разместить в Москве, второй – в районе Хабаровска); • ежеминутные двумерные снимки-матрицы углового распределения потока мюонов с разрешением не хуже 2°; • периодичность предоставления информации 1440 кадров-матриц за сутки в ежеминутном темпе; • объем передаваемой информации до 6 МБ на 1 кадр
Автоматизированный многослойный детектор модульного типа на поворотной раме: - сцинтилляционные счетчики, - система триггирования, сбора и записи данных о месте прохождения мюона через слои детектора	• создается на основе узких сцинтилляционных счетчиков с оптоволоконным съемом информации (стрипов); • счетчики собраны в базовые модули; • из базовых модулей формируются отдельные супермодули площадью от 10 до 12 кв. м; • супермодули обеспечивают пространственное разрешение около 3•3 кв. см
Система первичной обработки и расчета	• в режиме реального времени восстанавливает

1	2
направления каждого зарегистрированного мюона	пространственное направление каждого из мюонов с погрешностью менее 2°
Система накопления, обработки и представления данных об угловом распределении потока мюонов	• накапливает данные об угловом распределении интенсивности космических частиц в виде временной последовательности двумерных снимков-матриц за 1-минутные интервалы времени
Эксплуатационные характеристики: Комплекс должен обеспечивать работу в непрерывном режиме и оперативную выдачу наблюдательной и диагностической информации в аналитический центр гелиогеофизического мониторинга. В случае нештатной ситуации (сбой) аппаратура должна автоматически перезапускаться и продолжать экспозицию с характеристиками последней настройки режима работы. Вся регистрирующая и измерительная аппаратура и система электропитания должны строиться на основе унифицированных, легко заменяемых блоков	

Таблица 12

Основные параметры	IGY	NM64
Счетчики		
Активная длина, м	0,864	1,91
Диаметр, м	0,038	0,148
Давление, кПа	60	27
Замедлитель		
Материал	Парафин	Полиэтилен
Средняя толщина, м	0,032	0,020
Свинцовый источник		
Материал	свинец	свинец
Средняя глубина, (г см ⁻²)	153	156
Отражатель		
Материал	парафин	полиэтилен
Средняя толщина, м	0,28	0,075

Детектор радиоизлучения на длине волны 10,7 см

Требования к детектору радиоизлучения на длине волны 10,7 см определяются согласно РД 50-25645.120-85.

6 Общие требования к пунктам гелиогеофизических наблюдений

Формирование наблюдательной гелиогеофизической сети мониторинга и обеспечение ее функционирования должно осуществляться Росгидрометом через территориальные органы и НИУ [2].

Функционирование наблюдательной сети должно выполнять следующие принципы:

- непрерывность наблюдений за объектом;
- соблюдение установленных требований к сбору, обработке, контролю качества, хранению и распространению информации о состоянии объекта наблюдений;
- обеспечение пространственно-временного разрешения результатов измерений, достаточного для определения характеристик гелиогеофизических величин с требуемой для практических целей точностью;
- единство измерений и сопоставимость их результатов;
- обеспечение достоверности и однородности результатов наблюдений.

Выбор местоположения обсерваторий необходимо производить, исходя из практической целесообразности и учета воздействия как природных явлений в магнитосфере и ионосфере, так и близости промышленных источников электромагнитных возмущений.

7 Общие требования к прогностической информации

Номенклатура сообщений о состоянии гелиогеофизической обстановки, выпускаемая Гелиогеофизической службой ФГБУ «ИПГ», должна включать:

- а) прогноз на 27 суток периодов ухудшения радиационной обстановки на трассах пилотируемых космических аппаратов по четырехбалльной шкале;
- б) прогноз периодов появления событий СКЛ:

- код UGEOE (GEOALERT EVENT) – сообщение о значимых гелиогеофизических явлениях;

- рентгеновский класс, интенсивность, оптический балл, яркость вспышки;

- код UGEOI – гелиогеофизические параметры и индексы:

- интенсивность космических лучей и события, число М и Х вспышек;

- рентгеновский фон (от 1 до 8 Å);

- поток частиц (> 10 МэВ);

- число новых групп пятен, число областей.

- код UGEOR – описание групп пятен, прогноз. В содержании кода указывается:

- номер группы пятен;

- число М и Х вспышек в группе;

- число оптических вспышек в группе;

- характеристика групп;

- площадь;

- число пятен в группе;

- координаты;

- прогноз вспышечной активности групп;

в) Прогноз геоэффективных ВКМ.

8 Использование данных наземной сети гелиогеофизического мониторинга при составлении прогнозов космической погоды

Общий порядок определения геоэффективности (при классификации по РД 52.88.699-2008) гелиогеофизических явлений осуществляется в экспертном порядке на совокупность данных наземных и спутниковых средств гелиогеофизических наблюдений.

Порядок принятия экспертных решений основывается на научных разработках и регулируется должностными инструкциями Гелиогеофизического центра ФГБУ «ИПГ», утверждаемыми директором ФГБУ «ИПГ» и решениями Ученого совета ФГБУ «ИПГ».

Рекомендуется проведение контроля за рождением ВКМ, исходя из характера изменения динамики потоков ГКЛ, вызванного возмущением ММП, и знания закономерностей распространения спорадических потоков в межпланетном пространстве.

9 Порядок составления штормовых предупреждений

Общие условия составления предупреждений об опасных гелиогеофизических явлениях изложены в РД 52.88.699-2008 для информирования руководства Росгидромета и УГМАВ. В этом разделе изложен порядок предварительных действий ФГБУ «ИПГ» при анализе данных гелиогеофизического мониторинга с поверхности Земли.

а) Штормовое предупреждение составляют независимо от того, предусматривалось или не предусматривалось ОГЯ (НГЯ) в ранее составленном прогнозе.

б) Штормовое предупреждение составляют с максимально возможной заблаговременностью.

в) Если ОГЯ (НГЯ) возникло внезапно (не было предусмотрено), то немедленно составляют штормовое оповещение, в котором следует указать время возникновения и интенсивность наблюдаемых явлений, а также штормовое предупреждение о прогнозируемых интенсивности и продолжительности этих явлений.

г) При необходимости уточнения времени возникновения, интенсивности, района распространения ОГЯ (НГЯ) составляют уточнение к штормовому предупреждению.

д) Если ожидается возникновение одновременно или друг за другом нескольких ОГЯ (НГЯ), в штормовом предупреждении указывают время возникновения, название и интенсивность каждого из них.

е) Если последующий анализ вновь поступившего материала анализа или данных наблюдений показывает, что ожидавшееся ранее ОГЯ (НГЯ) не возникнет, то дают отмену штормового предупреждения с максимально возможной заблаговременностью.

ж) Штормовые предупреждения составляют и передают в соответствии со "Схемами доведения экстренной информации об ОЯ" согласно п. 7.4 РД 52.88.699-2008.

Текст штормового предупреждения должен содержать:

- порядковый номер штормового предупреждения (с начала года);
- дату, время возникновения и, по возможности, продолжительность ожидаемого ОГЯ (НГЯ);
- район возникновения (распространения) явлений;
- название и максимальную интенсивность явлений.

Для более полной характеристики условий наряду с ОГЯ штормовые предупреждения могут содержать прогноз явлений, к ОГЯ не относящихся или не достигающих критериев ОГЯ.

При необходимости уточнения интенсивности, времени возникновения и (или) распространения по территории ОГЯ (НГЯ), предусмотренных в штормовом предупреждении, составляют дополнение к предупреждению. Качество штормового предупреждения оценивают согласно Приложению А.

и) В штормовых предупреждениях время возникновения (усиления) и окончания явления указывают в часах с интервалом от 1 до 3 ч, если ожидается, что явление возникнет (усилится, окончится) в ближайшие 6 ч.

к) В штормовых предупреждениях, составляемых с заблаговременностью более 12 ч, наряду с ожидаемым временем возникновения и окончания ОГЯ

(комплекса неблагоприятных явлений) в часах можно применять слова "ночью" и "днем", а также характеристики времени суток, указанные в таблице 1.

Если ОГЯ (НГЯ) ожидается на вторые (третьи) сутки, то в штормовом предупреждении используют слова "ночью", "днем", а также указывают дату выделенной части прогнозируемого периода.

л) В соответствии с общепринятой мировой практикой (справочно см. Приложение Б) входящие в комплекс неблагоприятные гелиогеофизические явления по силе (интенсивности) составляются в соответствии со следующей градацией гелиогеофизических явлений (нижеследующие индексы характеризуют силы геомагнитного шторма Земли, солнечно-радиационного шторма и радиозатемнения, и соответствуют следующим возможным эффектам на Земле и в околоземном пространстве):

1) G-индекс – сила геомагнитного шторма земли по пятибалльной системе:

G5 – чрезвычайный шторм. Коллапс энергосистем, повреждение трансформаторных подстанций, проблемы спутниковой связи, разрыв радиосвязи;

G4 – жестокий шторм. Потенциальные проблемы со стабильностью энергосистем, необходимость коррекции спутниковых орбит, влияние на радиосвязь;

G3 – сильный шторм. Требуются коррекции напряжений в энергосистемах, возникают ложные тревоги охранных устройств, проблемы со спутниками, проблемы со стабильностью радиосвязи;

G2 – умеренный шторм. Воздействие на высокоширотные энергетические системы, возможное воздействие на орбиты спутников, фединг коротковолновых радиосигналов на высоких широтах;

G1 – незначительный шторм. Слабые колебания в системах энергоснабжения, незначительное влияние на работу спутников, мигрирующие животные начинают волноваться.

2) S-индекс – сила солнечно-радиационного шторма по пятибалльной системе:

S5 – чрезвычайный шторм. Большая радиационная опасность для космонавтов. Пассажиры в высоко летящих самолетах на высоких широтах могут получить радиационную дозу, эквивалентную получаемой при рентгене грудной клетки. Некоторые спутники могут выйти из строя. КВ радиосвязь в полярных регионах невозможна;

S4 – жестокий шторм. Радиационная опасность для космонавтов. Неожиданные спутниковые проблемы. Пропадания прохождения на коротких волн в полярных районах;

S3 – сильный шторм. Космонавты должны принимать меры для избежания радиационной опасности. Одиночные случаи разрегулировки спутников. Ухудшение КВ радиосвязи в полярных районах;

S2 – умеренный шторм. Не оказывает биологического влияния. Редкие случаи разрегулировки спутников. Небольшое влияние на КВ связь;

S1 – незначительный шторм. Не оказывает биологического влияния. Не оказывает влияние на работу спутников. Незначительное влияние на КВ радиосвязь в полярных районах.

3) R-индекс – сила радиозатемнения, т. е. ухудшение или пропадание прохождения радиоволн по пятибалльной системе:

R5 – чрезвычайное радиозатемнение. Полное пропадание на несколько часов прохождения коротких волн на солнечной стороне Земли. Нарушение прохождения на низких частотах. Увеличение возникновения навигационных ошибок;

R4 – жестокое радиозатемнение. Пропадание прохождения на КВ на один или два часа, возникающее на большей части солнечной стороны Земли. Нарушение прохождения на низких частотах. Незначительные срывы в работе спутниковых навигационных систем;

R3 – сильное радиозатемнение. Пропадание прохождения радиоволн в коротковолновом диапазоне на обширной территории на солнечной стороне Земли. Деградация сигналов на низких частотах на время около 1 часа, воздействующая на навигационные системы;

R2 – умеренное радиозатемнение. Ограниченные пропадания КВ прохождения на солнечной стороне Земли. Деградация низкочастотных навигационных сигналов в течение десятков минут;

R1 – незначительное радиозатемнение. Незначительная деградация КВ прохождения на солнечной стороне Земли. Низкочастотные навигационные сигналы деградированы в течение коротких промежутков времени.

10 Оценка качества штормовых предупреждений

Общие положения:

- оценке подлежат все штормовые предупреждения, а также все ОГЯ (НГЯ), которые не прогнозировались, но наблюдались;

- оценку качества штормовых предупреждений производят только по территории или части территории (пункт включается в территорию);

- комплексной характеристикой качества штормовых предупреждений является эффективность;

- эффективность штормового предупреждения определяется заблаговременностью оправдавшегося штормового предупреждения, достаточной для принятия необходимых мер безопасности;

- заблаговременность штормового предупреждения – период (в часах) между временем доведения его до потребителя (в соответствии со "Схемой штормового предупреждения") и временем возникновения ОГЯ (НГЯ) на первом пункте наблюдений (станции, посту и других пунктах);

- время возникновения ОГЯ (НГЯ) определяется моментом, когда явление (гелиогеофизическая величина) достигло на первом пункте наблюдений

соответствующего критерия ОГЯ или определенного значения (величины) неблагоприятных явлений, составляющих комплекс;

- штормовое предупреждение о сохранении успешно предусмотренного ранее ОГЯ (продление срока действия штормового предупреждения) не оценивают;

- если предусмотренное в штормовом предупреждении ОГЯ не наблюдалось, но штормовое предупреждение было отменено не позднее, чем за 2 ч до ожидаемого возникновения ОГЯ, то данное штормовое предупреждение не оценивают;

- непредусмотренное, но наблюдавшееся ОГЯ интерпретируют как прогноз отсутствия ОГЯ, а несоставленное штормовое предупреждение об этом ОГЯ учитывают, как не оправдавшееся.

Методика оценки качества штормовых предупреждений представлена в приложении А.

Для получения дополнительной справочной информации см. приложение В.

Приложение А

(рекомендуемое)

Методики расчетов

Методика оценки качества штормовых предупреждений

Для определения эффективности штормовых предупреждений рассчитывают их оправдываемость и заблаговременность.

Оправдываемость штормового предупреждения оценивают альтернативно с определенными допусками: штормовое предупреждение оправдалось ($P_{огя} = 100 \%$) или не оправдалось ($P_{огя} = 0 \%$).

Штормовое предупреждение считают оправдавшимся ($P_{огя} = 100 \%$), если наблюдавшиеся явления были отмечены на одном пункте наблюдения и более и по силе (интенсивности) достигали прогнозируемого значения в соответствии с табл. А.1:

Штормовое предупреждение о комплексе неблагоприятных явлений считается оправдавшимся ($P_{нгя} = 100 \%$), если не менее двух перечисленных в нем явлений достигли значений, указанных в прогнозе величин.

Расчет характеристик качества прогнозов за месяц, квартал, год

Оценка качества прогнозов по территории на сутки (полусутки, вторые и третьи сутки) за календарный период (месяц, квартал, год) заключается в вычислении их средней оправдываемости за период $P_{пер}$ по формуле:

$$P_{пер} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m p_c, \quad (A.1)$$

где m – число суток в месяце (квартале, году);

p_c – оправдываемость прогноза за каждые сутки (полусутки, вторые и третьи сутки) данного месяца (квартала, года).

Расчет характеристик качества штормовых предупреждений за месяц, квартал,
год

а) Характеристики качества штормовых предупреждений за период времени (месяц, квартал, год) содержат следующие показатели:

- оправдываемость $P_{\text{ОГЯ}}$ и $P_{\text{НГЯ}}$;
- эффективность $\mathcal{E}_{\text{ОГЯ}}$ и $\mathcal{E}_{\text{НГЯ}}$;
- предупрежденность $\Pi_{\text{ОГЯ}}$ и $\Pi_{\text{НГЯ}}$.

Указанные показатели рассчитывают только для территории или части территории.

б) Вычисление оправдываемости P и предупрежденности Π за период времени (месяц, квартал, год) производят с помощью сокращенной таблицы сопряженности (таблица А1).

Таблица А1– Сокращенная таблица сопряженности

Штормовое предупреждение	Число дней		сумма
	С ОГЯ	Без ОГЯ	
дано	k_{11}	k_{12}	k_{10}
Не дано	k_{21}	-	-
сумма	k_{01}	-	-

В таблице А1 введены следующие обозначения:

k_{11} – число оправдавшихся штормовых предупреждений;

k_{12} – число "ложных" штормовых предупреждений, когда они давались, но ОГЯ не наблюдались;

k_{10} – общее число составленных штормовых предупреждений за период времени (месяц, квартал, год);

k_{21} – число пропущенных штормовых предупреждений, когда ОГЯ наблюдалось, но штормовое предупреждение составлено не было;

k_{01} – число наблюдавшихся ОГЯ за период времени (месяц, квартал, год).

в) Оправдываемость штормовых предупреждений за период времени (месяц, квартал, год) $P_{\text{ОГЯ}}$ рассчитывают как отношение числа оправдавшихся штормовых предупреждений к общему числу составленных штормовых предупреждений за рассматриваемый промежуток времени (в процентах):

$$P_{\text{ОГЯ}} = \frac{k_{11}}{k_{10}} \cdot 100 \% \quad (\text{A.2})$$

г) Эффективность штормовых предупреждений за период времени (месяц, квартал, год) с учетом их заблаговременности $\mathcal{E}_{\text{ОГЯ}}$ рассчитывают как отношение числа эффективных штормовых предупреждений к числу оправдавшихся штормовых предупреждений за рассматриваемый промежуток времени (в процентах):

$$\mathcal{E}_{\text{ОГЯ}} = \frac{k_{\text{ОЯ} \geq 2 \text{ ч}}}{k_{11}} \cdot 100 \% \quad (\text{A.3})$$

где $k_{\text{ОЯ} \geq 2 \text{ ч}}$ – число оправдавшихся штормовых предупреждений по территории, переданных с заблаговременностью 2 ч и более.

д) Предупрежденность случаев с ОГЯ за период времени (месяц, квартал, год) $\Pi_{\text{ОГЯ}}$ рассчитывают как отношение числа оправдавшихся штормовых предупреждений к общему числу наблюдавшихся ОГЯ за рассматриваемый промежуток времени (в процентах):

$$\Pi_{\text{ОГЯ}} = \frac{k_{11}}{k_{01}} \cdot 100 \% \quad (\text{A.4})$$

Расчет эффективности прогноза

Для расчета эффективности прогноза предварительно составляют табл. А2.

Таблица А2 – Сопряженность прогноза и наблюдений («+» – явление спрогнозировано, наблюдалось, «-» – явление не прогнозировалось, не наблюдалось)

Прогноз	Наблюдения	
	+	-
+	N_{11}	N_{12}
-	N_{21}	N_{22}

По таблице сопряженности можно рассчитать следующие величины, характеризующие эффективность прогноза:

- вероятность детектирования:

$$P = N_{11}/(N_{11} + N_{21}) = 67\% \quad (44\%); \quad (\text{A.5})$$

- отношение ложных тревог:

$$F_{AR} = N_{12}/(N_{11} + N_{12}) = 43\% \quad (43\%); \quad (\text{A.6})$$

- критерий успешности:

$$K_u = N_{11}/(N_{11} + N_{12} + N_{21}) = 44\% \quad (33\%); \quad (\text{A.7})$$

- критерий искусства:

$$K_{is} = (N_{11} - P \cdot N_{11}) / (N_{11} + N_{12} + N_{21} - P \cdot N_1) = 41\% \quad (24\%). \quad (\text{A.8})$$

Здесь P – вероятность прогнозируемого события: $N_{11}/(N_{11} + N_{21} + N_{21} + N_{22})$; $N_1 = N_{11} + N_{12}$.

Приложение Б

(Информационное)

Требования к средствам наблюдений за космической погодой с поверхности Земли

Требования к средствам наблюдений за космической погодой с поверхности Земли, установленные Всемирной метеорологической организацией (ВМО) [3], приведены в таблице Б.1.

Таблица Б.1

	Переменная	Погрешность измерений	Разрешение по горизонтали	Цикличность измерений	Время от измерения до получения информации
576	Плотность потока нейтронов космических лучей	10 %	2000 км	5 мин	10 мин
612	Индукция геомагнитного поля	0,3 нТл	200 км	10 с	10 мин

Приложение В
(Информационное)
Рекомендуемая литература

Акасофу С.И, Чемпен С. Солнечно-земная физика. М.: Мир, 1974. С. 313-321

Солнечная и солнечно-земная физика. Словарь терминов и определений. (Под ред. А. Бруцека и Ш. Дюрана). Изд. «Мир». М., 1980

Заболотная Н.А. Индексы геомагнитной активности. М.: Гидрометеиздат, 1977. 59 с.

Библиография

[1] www.nmdb.eu

[2] РД 52.04.567-2003. Положение о государственной наблюдательной сети

[3] <http://www.wmo-sat.info/oscar/requirements>

Лист регистрации изменений

[illegible]

Ключевые слова: ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ, ШТОРМОВОЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ, ОПАСНЫЕ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ, ОГЯ, КОМПЛЕКС НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ЯВЛЕНИЙ, МАГНИТОСФЕРА, ИОНОСФЕРА, СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР
