

**Методичні рекомендації
з надання консультативних повідомлень про космічну погоду**

I. Загальні положення

1. Методичні рекомендації з надання консультативних повідомлень про космічну погоду підготовлені згідно з Поправкою 78 до Додатка 3 Конвенції про міжнародну цивільну авіацію «Метеорологічне забезпечення міжнародної аеронавігації» та вимог Авіаційних правил України «Метеорологічне обслуговування цивільної авіації».

У цих Методичних рекомендаціях розглядаються основні процеси і збурення у навколоземному космічному просторі, причини виникнення явищ космічної погоди і засоби їх моніторингу, засоби отримання інформації та порядок надання консультативних повідомлень про космічну погоду.

2. Ці Методичні рекомендації призначені для аеродромних метеорологічних органів гідрометеорологічних організацій, підприємств Державної служби України з надзвичайних ситуацій, які залучені на оперативному рівні до отримання і розповсюдження авіаційним споживачам консультативної інформації про космічну погоду, а також для ознайомлення з проблемою впливу космічної погоди на безпеку польотів повітряних суден (далі – ПС).

II. Терміни та скорочення

1. Терміни, що використовуються в цих Методичних рекомендаціях, мають такі значення:

геомагнітна широта – система координат, прив'язана до місця розташування магнітних, а не географічних полюсів. Вона найбільш підходить для прояву космічної погоди, оскільки заряджені частинки модулюються магнітними полями і є нечутливими до географічного розташування;

іоносфера – область верхніх шарів атмосфери, що містить вільні електрони та іони, протяжністю приблизно починаючи з 60 км до 1000 км над поверхнею Землі;

магнітосфера – обсяг простору біля Землі, на який впливає взаємодія між магнітним полем Землі та сонячним вітром;

максимальна сонячна активність – період у кілька років з центром у районі точки 11-річного сонячного циклу, протягом якого сонячна спалахова активність досягає свого піку.

2. У цих Методичних рекомендаціях використовуються такі скорочення:

ВМО	Всесвітня метеорологічна організація;
ВЧ	висока частота (3-30 МГц);
ДСНС	Державна служба України з надзвичайних ситуацій;
еВ, кеВ	електрон-вольт, кілоелектрон-вольт – одиниця вимірювання енергії;
нТл	наноТесла – одиниця вимірювання магнітного поля;
ПС	Повітряне судно
УкрГМЦ	Український гідрометеорологічний центр;
AMHS	система обробки повідомлень з обслуговування повітряного руху (від англ. ATS message handling system);
ATS	обслуговування повітряного руху (від англ. air traffic services);
CME	корональні викиди маси (від англ. coronal mass ejection);
EQN	екваторіальні широти Північної півкулі (від англ. equatorial latitudes Northern Hemisphere);
EQS	екваторіальні широти Південної півкулі (від англ. equatorial latitudes Southern Hemisphere);
EUV	екстремальне ультрафіолетове випромінювання (від англ. extreme ultraviolet);
ICAO	Міжнародна організація цивільної авіації (від англ. International Civil Aviation Organization)
GCR	галактичні космічні промені (від англ. galactic cosmic rays);
GNSS	глобальна супутникова навігаційна система (від англ. Global Navigation Satellite System);
GOES	геостаціонарний експлуатаційний супутник спостереження за навколишнім середовищем США (від англ. Geostationary Operational Environmental Satellite);
GPS	супутникова система навігації США (від англ. Global Positioning System);
HNH	високі широти Північної півкулі (від англ. high latitudes Northern Hemisphere);
HSN	високі широти Південної півкулі (від англ. high latitudes Southern Hemisphere);
MOD	помірне (збурення) (від англ. moderate);
MNH	середні широти Північної півкулі (від англ. middle latitudes northern hemisphere);
MSH	середні широти Південної півкулі (від англ. middle latitudes southern hemisphere);
NOTAM	повідомлення, що розсилається засобами електрозв'язку і

	містить інформацію про введення в дію, стан або зміну будь-якого аеронавігаційного устаткування, обслуговування і правил або інформацію про небезпеку, своєчасне попередження про яку має важливе значення для персоналу, пов'язаного з виконанням польотів;
OPMET	оперативна метеорологічна інформація (від англ. Operational meteorological);
SADIS	спутникова система розповсюдження метеорологічної інформації (від англ. Satellite Distribution System);
SEV	сильне (збурення) (від англ. severe); космічна погода (від англ. space weather);
SWX	
SWXC	центр космічної погоди (від англ. space weather center);
SWX Advisories	консультативні повідомлення про космічну погоду

III. Основні процеси і збурення у навколосемному просторі, які визначають космічну погоду

1. Сонце як джерело космічної погоди

1. Сонце є головним джерелом створення умов, які зазвичай описуються як космічна погода. Вираз «космічна погода» використовується для позначення процесів, що відбуваються на Сонці, у магнітосфері, іоносфері та термосфері Землі, які потенційно можуть торкнутися навколосемного навколишнього середовища. Сонячне випромінювання є безперервними за своєю природою (тобто сонячне світіння та сонячний вітер), але також може носити спалаховий характер. Спалахові аспекти складаються з корональних викидів маси (далі – CME) та потоків заряджених частинок. До цього додаються періодичні потоки сонячного вітру з корональних дір, особливо при низхідній фазі сонячного циклу. Несподівані викиди викликають на Землі тимчасові припинення радіочастотного зв'язку, магнітні, іоносферні і радіаційні бурі.

2. Аналогічно процесу, що зароджується на Сонці, галактичні космічні промені (далі – GCR) (заряджені частинки, що зароджуються у більш віддалених наднових зірках) додають інший інгредієнт до суміші космічної погоди. По суті, ці заряджені частинки утворюють дрібний дощ радіації на Землі. Додатково до цього фону Сонце збільшує рівні радіації під час радіаційних бур, при цьому сума цих двох компонентів становить повний обсяг потенційної одержуваної дози радіації. Величина рівня GCR змінюється обернено пропорційно циклу сонячних плям, тобто коли міжпланетне середовище біля Землі є ламінарним і стійким (стан, що спостерігається близько до мінімуму сонячних плям), компонент GCR стає великим завдяки своєму більш легкому доступу до навколосемного навколишнього середовища. При максимумі сонячних плям турбулентність та енергетичні частинки,

пов'язані з сонячними викидами, зменшують доступ GCR до навколишнього простору Землі.

2. Сонячна енергія і мінливість Сонця

1. Сонце є мінливою зіркою, оскільки сукупність безперервних емісій і спалахових емісій згодом змінюється. Одним з показників, що зазвичай використовується для відстеження мінливості, є поява сонячних плям.

2. Періодичну зміну інтенсивності або числа різних проявів сонячної активності називають сонячним циклом (циклом сонячної активності). Період цих циклічних варіацій становить приблизно 11 років. На початку циклу плям на Сонці майже зовсім немає. Кількість плям за декілька років збільшується до деякого максимуму, після чого, дещо повільніше, вона знову зменшується до мінімуму.

3. Масштаб і тривалість окремих циклів змінюється, але, як правило, найбільше спалахових явищ відбувається ближче до піку циклу (максимальна сонячна активність), у той час як поблизу мінімальної сонячної активності їх відбувається мало. Всі сонячні електромагнітні емісії, від радіовипромінювання до рентгенівського випромінювання, сильніші під час максимальної сонячної активності і менш інтенсивні поблизу мінімальної сонячної активності. Спостереження з супутників додають більше даних для опису мінливості Сонця протягом сонячного циклу. Емісія рентгенівського випромінювання зростає в 10 разів, екстремального ультрафіолетового випромінювання (EUV) в 4-5 разів, а сонячна константа (сума всієї електромагнітної енергії, що випромінюється Сонцем) зростає приблизно на 0,1 % у міру того як Сонце переходить від своєї спокійної до активної фази.

3. Сонячні плями і сонячний цикл

1. Цикл сонячних плям і цикл сонячної активності є синонімами у широкому сенсі слова, при цьому сонячні плями найчастіше використовуються як попередній індекс зміни умов космічної погоди. Це пов'язано з тим, що сонячні плями існують завдяки сильним місцевим сонячним магнітним полям, а коли відбувається викид з цих полів, може виникнути сильне явище космічної погоди. У той час як сонячні плями легко видно на Сонці, фактично космічну погоду визначають інші фактори, такі як промені GCR, викиди CME і підвищений рівень сонячного вітру, пов'язаного з корональними дірами, але в більшості випадків їх набагато важче спостерігати з Землі.

2. Цикл сонячної активності має наслідки для авіаційної спільноти, оскільки ці явища, які впливають на зв'язок, навігацію та радіаційну дозу, змінюються протягом 11-річного сонячного циклу. Спалахові сонячні явища,

які впливають на авіацію, з більшою ймовірністю і з більшою інтенсивністю відбуваються у період, близький до піку максимальної сонячної активності.

4. Сонячний вітер

1. Сонячний вітер – це безперервний потік заряджених частинок і магнітного поля, що йде від Сонця, який називається плазмою. Це наслідок дуже високої температури сонячної корони і, як результат, експансії плазми в космос. Переважаючими складовими елементами є електрони і протони з енергією порядку 1 кеВ.

2. Сонячний вітер несе з собою енергію від більшості сонячних викидів, які впливають на навколоземне середовище. Єдиним винятком є фотони сонячних спалахів (світло та рентгенівське випромінювання), які несуть з собою енергію, що вивільнюється у сонячні спалахи. Навіть у разі відсутності викиду постійний потік плазми підживлює магнітне (геомагнітне) поле Землі.

3. Сонячний вітер може бути швидким і енергійним, якщо відбувається викид, або може поступово посилюватися через структури корональних дір, що дозволяє високошвидкісному сонячному вітру безперешкодно вириватися з корони. Як видно з Землі, Сонце обертається приблизно з 27-денним періодом, таким чином добре усталені структури корональних дір, які зберігаються протягом декількох місяців, будуть досягати Землі за графіком приблизно кожні 27 днів, коли такі структури існують.

4. Для конкретизації і передбачення космічної погоди необхідно знати умови, які існують у сонячному вітрі (тобто його швидкість, щільність, температуру, магнітне поле). Уявлення про нормальні значення для властивостей сонячного вітру дозволяють зрозуміти типові і нетипові умови.

5. Типовими значеннями щільності сонячного вітру є від 5 до 3 см⁻³, а магнітного поля – 7 нТл. Середня швидкість сонячного вітру складає приблизно 450 км/с, близько 1,5 млн кілометрів за годину. В округлених цифрах це означає, що частинці плазми потрібно приблизно 4 дні, щоб пройти відстань від Сонця до Землі. При сильних явищах космічної погоди швидкість сонячного вітру може збільшуватися в 3, 4 і навіть в 5 разів. Дуже швидкий енергетичний сонячний вітер викликає екстремальне збурення геомагнітного поля.

5. Сонячна спалахова активність

1. Більшість сонячних викидів зароджуються в зонах з сильними магнітними полями. Майже завжди супроводжуються сонячними плямами, ці зони зазвичай називаються активними областями.

2. Активні області є численними і типовими в період максимальної сонячної активності і рідкісними під час мінімальної сонячної активності. Прогнозисти ретельно вивчають кожну активну область для визначення її потенціалу для викиду. Факторами, що аналізуються, є: розмір області, її недавня динаміка або статичний характер, сила і спрямованість її магнітних полів, а також її недавні статистичні дані щодо активності спалахів.

3. Спалахи та СМЕ – це два з основних типів сонячних викидів. Вони можуть відбуватися незалежно або в один і той же час. Сонячні спалахи спостерігалися протягом більше ніж 100 років, оскільки в окремих випадках їх випромінювання можна побачити із Землі при денному світлі. В останні роки для безперешкодного спостереження за спалахами використовувалися забезпечені фільтром наземні телескопи Н-альфа (довжина хвилі 656,3 нм).

4. Спалахи характеризуються дуже яскравою вибуховою фазою, яка може тривати кілька хвилин, після чого йде період згасання в 30 – 60 хв. Спалахи можуть випромінювати на всіх частотах і по всьому спектру електромагнітне випромінювання у діапазоні від гамма-променів до радіовипромінювання.

5. На противагу сонячним спалахам корональні викиди маси (СМЕ) важко виявити, вони не особливо яскраві, та їм може знадобитися кілька годин, щоб повністю покинути Сонце. СМЕ є буквально викидом великого обсягу сонячної зовнішньої атмосфери (корони).

6. Енергію, що вивільнюється при великому сонячному спалаху, можна порівняти за своїми масштабами з енергією, що виділяється при СМЕ, але СМЕ набагато ефективніші у створенні збурень у магнітному полі Землі, і, як відомо, вони викликають найсильніші магнітні бурі завдяки сильним магнітним полям, які містяться в СМЕ.

7. Типовий час проходження викиду СМЕ від Сонця до Землі може варіюватися від менше ніж 1 дня до більше ніж 4 днів. Електромагнітна емісія, що утворюється при спалахах (на відміну від СМЕ), поширюється зі швидкістю світла, час проходження від Сонця до Землі становить 8 хв і вона миттєво впливає на освітлену сторону Землі.

8. Частота сонячних спалахів і викидів СМЕ пропорційна фазі сонячного циклу. В період максимальної фази сонячного циклу може відмічатися частота спалахів близько 25 в день, у той час як у період мінімальної сонячної активності на 25 спалахів може піти 6 місяців або більше. Частота СМЕ варіюється від приблизно 5 в день у районі максимальної сонячної активності до 1 у тиждень або у більш тривалий період часу при мінімальній сонячній активності. Однак багато викидів СМЕ, що йдуть від Сонця, не спрямовані на Землю і тому не мають жодного впливу на навколосемну техніку.

6. Магнітосфера

1. Магнітне поле Землі (обсяг простору, що оточує Землю) простягається від неї у вигляді диполя і утворює кокон для планети у потоці сонячного вітру. Ця структура (кокон) називається магнітосферою.

2. Як правило, магнітосфера простягається у напрямку Сонця приблизно на 10 радіусів Землі на освітленій стороні планети і розтягується від Землі у багато разів далі на нічному боці планети. Форма аналогічна хвосту комети і подовжується в умовах сильного сонячного вітру та стає менше під час спокійних періодів. За своїми боками магнітосфера простягається від Землі приблизно на 20 радіусів Землі у секторах світанку та сутінків.

3. Магнітосфера відштовхує більшу частину енергії, принесену сонячним вітром, і в той же час пропускає деяку частку для поглинання навколосемною системою. Коли Сонце активне і викиди СМЕ взаємодіють із Землею, додаткова енергія порушує магнітосферу, викликаючи магнітну бурю. Потім з часом магнітосфера коригується за допомогою різних процесів і знову повертається в нормальний стан.

7. Іоносфера

1. Ближче до Землі знаходиться інша область, яка називається іоносферою. Іоносфера являє собою оболонку зі слабко іонізованою плазмою, де електрони та іони існують вбудованими у нейтральну атмосферу. Іоносфера починається приблизно на абсолютній висоті 60 км і поширюється на відстані у багато радіусів Землі у верхній частині.

2. Іоносферу створюють сонячні емісії екстремального ультрафіолетового випромінювання (EUV) шляхом іонізації нейтральної атмосфери. Електрони та іони, які утворюються у результаті цього процесу, потім вступають у хімічні реакції, які протікають швидше у більш низькій частині іоносфери, такій як шар D (висотою нижче 90 км), потім вище у шарі F (до висоти 300 – 400 км), найважливішому шарі іоносфери. Іоносфера істотно змінюється під час переходу від денного до нічного часу доби, оскільки, коли Сонце сідає, то більш повільні хімічні процеси в шарі F разом з іншими динамічними процесами дозволяють деякій частині іонізації затримуватися до того часу, поки новий день знову не принесе сонячного EUV-випромінювання. Шар F іоносфери має важливе значення, тому що він відображає короткохвильові радіосигнали по всій кривизні поверхні Землі. Тільки завдяки іоносфері можливий радіозв'язок на далекі відстані.

3. Нижче приблизно 90 км певна частина енергії радіовипромінювання втрачається через взаємодію вільних електронів та атмосфери на цій висоті. Кількість втраченої або поглиненої енергії зростає в міру зменшення частоти.

Таким чином, чим вище радіочастота ВЧ, що використовується, тим менше вона поглинається.

4. Відзначено, що поведінка іоносфери відрізняється залежно від широти. На високих широтах домінує вплив іоносфери, у той час як на низьких широтах домінує динаміка нейтральної атмосфери.

5. Іоносфера створює проблеми для транс-іоносферного поширення сигналів супутникового зв'язку оскільки нерівномірності її хвиль і щільності можуть спотворити і пошкодити інформаційний зміст переданих через неї повідомлень. Однак іоносфера необхідна для поширення високих частот (далі – ВЧ), тому вона може бути перешкодою або помічником залежно від застосування.

6. Важливим моментом є те, що енергія, що приходить від Сонця з сонячним вітром, потрапляє в іоносферу, де вона змінює умови навколишнього середовища або різко (бурі), або поступово (добова мінливість). Така мінливість може вплинути на діяльність, засновану на використанні ВЧ і глобальної супутникової навігаційної системи (далі – GNSS)

8. Галактичні космічні промені

1. Галактичні космічні промені (GCR) є наслідком віддалених наднових зірок, що поливають зарядженими частинками (важкі іони, протони й електрони) внутрішню геліосферу, де GCR має доступ до Землі. Величина GCR знаходиться у зворотній залежності до сонячного циклу. Коли потік сонячного вітру є турбулентним і сильним (у районі максимальної сонячної активності), для потоку GCR створюються перешкоди, і тому він стає слабким. У період мінімальної сонячної активності потік GCR збільшується.

2. GCR – це атомні ядра, з яких вилучені всі електрони. Спектр енергії доходить до дуже високих енергій, тобто 3×10^{20} еВ. Зазначений спектр включає відносну енергію, яка впливає на широти комерційної авіації. Цей потік приблизно в два рази сильніший у період мінімальної сонячної активності порівняно з періодом максимальної сонячної активності.

3. Коли високоенергетичні промені GCR входять в атмосферу Землі, вони створюють каскад взаємодій, у результаті яких утворюється цілий спектр вторинних частинок (включаючи нейтрони), які досягають поверхні Землі. Нейтрони виявляються наземними реєстраторами нейтронів і дають картину високоенергетичних частинок на великих висотах. Ці нейтрони відображають мінливе радіаційне навколишнє середовище, існуюче на абсолютних висотах польотів повітряних суден, і таким чином є одним з проблемних питань для авіації.

IV. Основні явища космічної погоди та засоби моніторингу

1. Загальні положення

1. Всесвітня метеорологічна організація (ВМО) визначає космічну погоду як «Фізичний і феноменологічний стан природного космічного навколишнього середовища, включаючи Сонце, міжпланетне і планетарне навколишнє середовище».

2. З точки зору впливу на польоти цивільної авіації явища космічної погоди розглядаються тоді, коли Сонце викликає перебої в роботі авіаційних систем зв'язку, навігації та спостереження і підвищує рівні радіаційної дози, які отримують екіпажі та пасажери повітряних суден на ешелонах польоту.

2. Геомагнітні бурі

1. Геомагнітні бурі – це сильне збурення в геомагнітному полі Землі. Вони є реакцією на підвищений потік енергії, принесений сонячним вітром. Сонячний вітер є безперервним потоком магнітного поля і заряджених частинок, що випромінюються Сонцем.

2. Геомагнітні бурі збурюють іоносферу і, тим самим, впливають на ВЧ-зв'язок та навігацію на основі GNSS у районах високих широт Північної півкулі (HNN) і високих широт Південної півкулі (HSH) та іноді охоплюють райони середніх широт Північної (MNH) і Південної півкулі (MSH). Під час найбільш сильних бур можуть бути порушення у північних і південних екваторіальних широтах (EQN, EQS). Природно, що під час геомагнітних збурень виникають проблеми і з радіолокацією.

3. Якщо те чи інше явище виявилось досить сильним, щоб викликати помірне погіршення характеристик в екваторіальних широтах, воно ймовірно буде сильним і у середніх та високих широтах. У цьому разі будуть випускатися два консультативних повідомлення – одне у зв'язку з явищем сильної інтенсивності, що зачіпає високі та середні широти (HNN, HSH, MNH та MSH) і друге консультативне повідомлення щодо явища помірної інтенсивності, що зачіпає екваторіальні широти (EQN та EQS).

4. Сполучення широтних смуг включають таке:

HNN та HSH;

HNN, HSH, MNH та MSH;

EQN та EQS;

MNH, MSH, EQN та EQS.

Примітка 1. Для надання інформації про геомагнітні бурі не використовується єдина смуга (наприклад, тільки HNN), оскільки задіяні обидва геомагнітні полюси.

Примітка 2. Ешелони абсолютної висоти (наприклад, ABV FLnnn) не використовуються.

Примітка 3. Територія України знаходиться у середніх широтах Північної півкулі (MNH).

5. Для вказівки про горизонтальну протяжність явищ зазвичай задіяна вся широтна смуга (наприклад: параметри E18000 – W18000). Таким чином, параметри E18000 – W18000 будуть, як правило, свідчити про таке попарне поєднання широтних смуг.

3. Іоносферні бурі

1. Іоносферні бурі є результатом додавання енергії до об'єктів в іоносфері слабо іонізованої плазми, що тягнеться вгору, починаючи від висоти приблизно 60 кілометрів. Вони призводять до поглинання короткохвильового радіовипромінювання. Результатом цього є погіршення або навіть повне припинення радіозв'язку на освітленій стороні Землі протягом кількох годин.

2. Втрата зв'язку у момент маневрування може призвести до аварійних ситуацій, так як сучасні повітряні судна широко використовують супутниковий радіозв'язок для навігації.

3. У більшості випадків завдяки тісному зв'язку між іоносферою і магнітосферою іоносферні бурі відбуваються синхронно з геомагнітними бурями.

4. Іоносферні перешкоди в основному торкаються екваторіальних районів та районів високих широт, але можуть сягати середніх широт. Ці збурення можуть бути більш локалізовані, ніж інші явища космічної погоди, і, таким чином, у консультативних повідомленнях можуть бути найкраще описані з використанням координат широти і довготи. Їх також можна описати з використанням довготи меридіана та однієї або більше широтних смуг.

5. Просторові характеристики включають таке:

1) чотиристоронній багатогранник з використанням чотирьох координат широти і довготи;

2) одна або кілька широтних смуг у поєднанні з двома меридіанами, такі як:

EQN Wnnn(nn) або Ennn(nn) – Wnnn(nn) або Ennn(nn) EQS Wnnn(nn) або Ennn(nn) – Wnnn(nn) або Ennn(nn);

EQN EQS Wnnn(nn) або Ennn(nn) – Wnnn(nn) або Ennn(nn);

MNH EQN Wnnn(nn) або Ennn(nn) – Wnnn(nn) або Ennn(nn);

MSH EQS Wnnn(nn) або Ennn(nn) – Wnnn(nn) або Ennn(nn).

Примітка. Ешелони абсолютної висоти (наприклад, ABV FLnnn) не використовуються.

4. Тимчасові припинення радіозв'язку, що викликаються сонячними спалахами

1. Тимчасові припинення радіозв'язку, що викликаються сонячними спалахами, є результатом їх впливу тільки на освітленій стороні планети. Сонячні спалахи представляють собою швидке вивільнення енергії, що зберігається в сильних і локалізованих магнітних полях Сонця. При виникненні нестабільності спалах рентгенівського та екстремального ультрафіолетового випромінювання, що відбувається зі швидкістю світла, заливає освітлену сторону планети за декілька хвилин. Такі явища можуть порушити як мовний ВЧ-зв'язок, так і лінію передачі даних по ВЧ-зв'язку або погіршити його характеристики на період від декількох хвилин до декількох годин.

2. Тимчасові припинення радіозв'язку, що викликаються сонячними спалахами, найбільш часто відбувається в роки максимальної сонячної активності. Найгірші тимчасові припинення радіозв'язку, що викликаються сонячними спалахами, відбуваються з частотою 1 – 2 рази за 11-річний цикл.

3. Що стосується частини прогнозу консультативного повідомлення, розділ зауважень (RMK) може включати інформацію про те, що «Можливі періодичні перешкоди на освітленій стороні планети», а також примітка про те, що ці явища, як правило, надають найбільш відчутний вплив на нижню межу ВЧ-діапазону. По можливості вказується тривалість припинення зв'язку.

4. Сонячні спалахи зазвичай дуже імпульсивні. Консультативні повідомлення, які вказують пороги інтенсивності MOD і SEV, якщо використовуються обидва, найімовірніше будуть випускатися у швидкій послідовності.

5. Сонячні радіаційні бурі

1. Сонячні радіаційні бурі відбуваються, коли заряджені частинки, головним чином протони, отримують енергію і прискорення у процесах, що відбуваються поблизу Сонця та за його межами. Ці частинки направляються міжпланетним магнітним полем і, за відповідних умов, накривають Землю додатковою радіацією.

2. Сонячні радіаційні бурі, особливо ті, в яких достатньо високоенергетичних протонів, становлять загрозу радіаційного опромінення льотного екіпажу і пасажирів.

3. Вплив сонячних радіаційних бур є найбільш інтенсивним на високих широтах і, як правило, обмежується широтними смугами HNH та HSH. У рідкісних випадках він може поширитися на MNH і MSH. Сонячна радіація може бути сильною вище певної абсолютної висоти (тобто певного ешелону польоту) і помірною нижче. Наприклад, SEV ABV FL340, MOD FL250-340, що потребує випуску двох консультативних повідомлень.

4. Коли для одного й того ж району випускаються два консультативних повідомлення, дуже важливо, щоб у розділі зауважень були вказані номер іншого консультативного повідомлення і значення інтенсивності. Наприклад, консультативне повідомлення про радіацію рівня MOD для FL250-340 включатиме у розділі зауважень «SEE SWX ADVISORY NR 2018/7 FOR SEV RADIATION ABV FL340».

5. Радіаційні бурі є єдиними явищами, стосовно яких застосовуються абсолютні висоти, тобто ABV FLnnn. Сполучення включають таке:

HNH та HSH E18000 – W18000 ABV FLnnn;

MNH та MSH E18000 – W18000 ABV FLnnn;

EQN та EQS E18000 – W18000 ABV FLnnn;

HNH, HSH, MNH та MSH E18000 – W18000 ABV FLnnn;

HNH, HSH, MNH, MSH, EQN та EQS E18000 – W18000 ABV FLnnn;

HNH та HSH E18000 – W18000 FLnnn–nnn;

MNH та MSH E18000 – W18000 FLnnn–nnn;

EQN та EQS E18000 – W18000 FLnnn–nnn;

HNH, HSH, MNH та MSH E18000 – W18000 FLnnn–nnn;

HNH, HSH, MNH, MSH, EQN та EQS E18000 – W18000 FLnnn–nnn.

6. Галактичні космічні промені

1. При оцінці радіаційної безпеки необхідно враховувати внесок у радіаційну дозу галактичних космічних променів. Протягом сонячного циклу потік GCR змінюється, при цьому величина GCR знаходиться у зворотній залежності від циклу сонячної активності. Більш інтенсивні промені GCR викликають підвищену радіацію, що підлягає вимірюванню під час польотів у полярних районах і на високих широтах.

2. Аналогічно сонячним радіаційним бурям галактичні космічні промені впливають на здоров'я льотного екіпажу і пасажирів, а також на належне функціонування бортового електронного обладнання.

3. Вплив сонячних радіаційних бурь є найбільш інтенсивним на високих широтах і, як правило, обмежується широтними смугами HNH і HSH. У рідкісних випадках він може поширитися на MNH і MSH.

7. Моніторинг космічної погоди

1. Моніторинг космічної погоди передбачає безперервне спостереження і отримання у реальному часі (або з тимчасовою затримкою, яка значно менше, ніж час розвитку збурення космічної погоди) даних про стан середовища і процесів, що визначають космічну погоду. Його можна поділити на моніторинг явищ сонячної активності на Сонці, моніторинг міжпланетного середовища, моніторинг стану магнітосфери, моніторинг верхньої атмосфери та іоносфери.

2. До засобів моніторингу космічної погоди належать метеорологічні космічні апарати, наземні астрономічні обсерваторії, станції з нейтронними моніторами, наземні іоносферні станції, іонозонди, розміщені на борту космічних апаратів, радіозондування іоносфери за допомогою високо орбітальних супутникових систем.

3. Мережа наземних сонячних обсерваторій забезпечує регулярні спостереження в оптичному діапазоні. Однак їх дані можуть бути використані тільки для моніторингу загального рівня сонячної активності, який визначає стан іоносфери, частоту геомагнітних збурень, частоту рентгенівських спалахів, частоту радіаційних штормів у навколосемному космічному просторі. Рівень сонячної активності визначається наземними оптичними спостереженнями за кількістю плям і кількістю активних областей на Сонці. Наземні астрономічні обсерваторії не можуть забезпечити безперервні цілодобові спостереження за явищами на Сонці, тому на перший план сонячного моніторингу у цей час виходить моніторинг сонячної активності з космічних апаратів.

Інший наземний вид моніторингу загального рівня сонячної активності – це реєстрація радіовипромінювання всього Сонця на хвилі 10,7 сантиметрів. Цей вид моніторингу має переваги порівняно з оптичним: не залежить від погодних умов, легко можуть бути отримані кількісні характеристики рівня сонячної активності. У цей час кілька астрофізичних обсерваторій по всьому світу постійно ведуть спостереження за Сонцем.

4. Основним джерелом інформації про варіації сонячних космічних променів є геостаціонарні метеорологічні космічні супутники серій GOES та Електро Національного управління океанічних і атмосферних досліджень США.

5. Галактичні космічні промені спостерігаються з використанням весвітньої мережі з близько 50 діючих нейтронних моніторів з різними характеристиками. Всі нейтронні монітори працюють безперервно зі збором даних в 1-хвилинних або 5 хвилинних інтервалах. Більшість станцій (близько 30) представляють свої дані в Інтернеті у режимі реального часу.

6. Моніторинг стану іоносфери здійснюється за допомогою наземних іоносферних станцій, іонозондів, розташованих на борту космічних апаратів, а

також радіозондування іоносфери за допомогою високоорбітальних супутникових систем GPS/GLONASS/Galileo.

V. Інформація про космічну погоду для авіаційних користувачів

1. Консультативна інформація про космічну погоду

1. Інформація про збурення космічної погоди надається авіаційним користувачам з метою прийняття рішень з мінімізації можливих збитків при виникненні екстремальних збурень космічної погоди (зміна діапазону радіочастот, уточнення координат, зміна висоти польоту або незапланована посадка).

2. Згідно з Поправкою 78 до Додатка 3 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію «Метеорологічне забезпечення міжнародної аеронавігації», членами-засновниками Міжнародної організації цивільної авіації впроваджена узгоджена на глобальному рівні діяльність центрів космічної погоди для отримання та надання консультативної інформації про явища космічної погоди.

3. Центри космічної погоди (далі – SWXC) здійснюють цілодобовий моніторинг та надають консультативну інформацію про явища космічної погоди, коли це необхідно. SWXC випускають консультативну інформацію про космічну погоду у випадку, якщо відмічається вплив на ВЧ-зв'язок, супутниковий зв'язок, системи навігації і спостереження, що ґрунтуються на GNSS, або у випадку підвищеної радіації.

Види впливу космічної погоди наведено у Додатку 1.

4. Глобальними провайдерами обслуговування консультативною інформацією про космічну погоду, які будуть здійснювати збір, обробку, аналіз і підготовку інформації про стан космічної погоди для забезпечення польотів повітряних суден, є: консорціум ACFJ (включає у себе Австралію, Канаду, Францію та Японію), консорціум PECASUS (Австрія, Бельгія, Кіпр, Фінляндія, Німеччина, Італія, Нідерланди, Польща та Сполучене Королівство) та США. Зазначені провайдери будуть надавати обслуговування консультативною інформацією по чергово – протягом двох тижнів кожний.

5. Інформація SWXC дає експлуатантам можливість отримати уявлення про ситуацію та, якщо майбутні умови набувають такого масштабу і характеру, які можуть порушити нормальне здійснення польотів, провайдери аеронавігаційного обслуговування мають можливість відкоригувати транспортний потік, або планувати для ПС альтернативні маршрути.

6. Консультативне повідомлення про космічну погоду (далі – SWX Advisory) являє собою повідомлення англійською мовою відкритим текстом зі скороченнями і цифровими значеннями, що не потребують роз'яснень.

Структура SWX Advisory аналогічна структурі консультативних повідомлень про тропічні циклони і хмари вулканічного попелу. Таке повідомлення відповідно до формату, визначеному ICAO, обов'язково має містити:

- 1) назву центру космічної погоди, що випустив інформацію;
- 2) дату і час складання;
- 3) вид впливу космічної погоди;
- 4) очікуваний початок події або те, що подія вже відбувається;
- 5) тривалість події;
- 6) опис просторового охоплення повітряного простору, що підлягатиме цьому впливу, протягом наступних 24 годин (з кроком 6 годин);
- 7) опис ступеня впливу космічної погоди – рівня інтенсивності, у помірній (MOD) або сильній (SEV) категоріях;
- 8) причину, яка створила небезпеку космічної погоди.

Формат та приклади повідомлень про космічну погоду наведено у Додатках 2 та 3.

Просторові діапазони та дискретність для консультативної інформації про космічну погоду наведено у таблиці 2 Додатка 2.

7. Оновлення консультативної інформації про явища космічної погоди буде випускатися по мірі необхідності, але як мінімум кожні шість годин до тих пір, поки явища космічної погоди спостерігаються або очікуються.

8. Польотна документація, яка повинна надаватися членам льотного екіпажу або іншому льотно-експлуатаційному персоналу, буде включати, за необхідності, консультативну інформацію про космічну погоду по всьому маршруту польоту.

Скорочення та терміни, які використовуються в консультативних повідомленнях про космічну погоду, наведено у Додатку 4.

2. Розповсюдження консультативних повідомлень про космічну погоду

1. Призначені центри SWXC після випуску консультативної інформації розповсюджують цю інформацію до районних диспетчерських центрів, центрів польотної інформації, а також іншим SWXC, міжнародним банкам ОРМЕТ-даних, органам міжнародних NOTAM та службам, заснованим на використанні INTERNET у рамках авіаційної фіксованої служби.

2. Маршрутизація повідомлень про космічну погоду SWX у текстовій формі буде аналогічною поточній маршрутизації повідомлень ОРМЕТ через авіаційну фіксовану службу, включаючи аеронавігаційну обробку повідомлень систем AMHS.

3. Український гідрометеорологічний центр виконує функції національного центру ОРМЕТ-даних і отримує повідомлення SWX Advisories

через Глобальну систему телезв'язку ВМО. Головний центр телекомунікації та обробки інформації УкрГМЦ розповсюджує зазначену інформацію встановленими каналами та засобами зв'язку до гідрометеорологічних організацій ДСНС.

За наявності відповідних засобів інформацію про космічну погоду можна також отримувати через SADIS або систему AMHS.

4. Заголовки повідомлень ВМО для тексту і консультацій про космічну погоду наведено у Додатку 5.

Начальник Управління
гідрометеорології

Валерій ВОДОЛАСКОВ