

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**„Майбутній науковець – 2017”**

матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції

1 грудня 2017 року

м. Сєверодонецьк

частина I

Сєверодонецьк, 2017

## ПРО ДЕЯКІ ЕЛЕКТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АТМОСФЕРИ В РАЙОНАХ ВЕЛИКИХ ПОЖЕЖ І АТМОСФЕРНО-ІОНОСФЕРНУ ВЗАЄМОДІЮ

**Гоков О. М., Лубінець О. Р.** (студент групи 6.04.121.010.17.1 спец. 121, курс 1)

Гоков О. М., доцент канд. фіз.-мат. наук, доцент, ст. н. с.

*Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця*

У багатьох випадках пожежі різної етіології часто мають місце на нашій планеті, охоплюють великі площі і тимчасові інтервали. Вони приносять не тільки величезний екологічний збиток, але і сильно модифікують приземну атмосферу, істотно змінюють її електричні характеристики, викликають ряд хвильових процесів. Хвильові збурення, в свою чергу, викликають помітні і характерні зміни в іоносферній електриці на висотах 50 - 80 км, що призводить до модифікації іоносферної плазми на цих висотах (і, ймовірно, на висотах в Е-області іоносфери [1]), порушення радіозв'язку і ряду інших проблем. В результаті пожеж в атмосферу потрапляє величезна кількість попелу та інших частинок. Попіл впливає на електричне поле приземної атмосфери, оскільки в результаті прилипання малих іонів, дисперсії і тертя ці частинки набувають електричний заряд і у поверхні Землі утворюється великий і щільний шар з великим не компенсованим зарядом, який може суттєво змінювати градієнт потенціалу приземного електричного поля, що призводить до формування іонізованого шару біля поверхні Землі на площах в десятки квадратних кілометрів товщиною в десятки-сотні метрів і більше.

В роботі розглянуті основні характеристики великих пожеж, на основі попередньої моделі об'ємного розподілу середньої масової концентрації димового аерозолі приведені формули для оцінки збурень електричних характеристик приземного шару атмосфери. Наведено модель атмосферно-іоносферної взаємодії, коротко проаналізовано основні механізми передачі збурень з нижньої атмосфери в іоносферу і магнітосферу, розглянуті ймовірні екологічні ефекти.

Модель об'ємного розподілу середньої масової концентрації димового аерозолі  $M(x,y,z)$  з уніполярним зарядом побудована на основі припущення, що розподіл речовини за трьома напрямками (початок прямокутної декартової системи координат знаходиться в умовній середині лінії пожежі, - вісь  $OY$ ; напрямок середнього вітру збігається з позитивним напрямком осі  $OX$ , вісь  $OZ$  - вертикальна поверхні Землі) в зоні пожежі відбувається незалежно по нормальному закону. Відзначимо, що зона плазми (горіння) як правило займає значно меншу площу, ніж об'ємна зона димового аерозолі (під аерозолем розуміємо продукти згорання, що забруднюють повітря) і тому в якості основного джерела розглядається модифікація атмосферної електрики умовно рівномірно просторово розподіленим димовим аерозолем. Розсіювання аерозолі по вертикалі розглядається як би в безмежному просторі. Еволюція димового шлейфу в моделі визначається турбулентними характеристиками атмосфери (оцінки показали, що інші процеси, - осадження іонів повітря на заряджені частинки, кулонівські взаємодії та ін., - не роблять істотного впливу). Розподіл об'ємного заряду аерозолі отримано з формули для розподілу  $M(x,y,z)$ . За відомим розподілом щільності об'ємного заряду  $\rho(x,y,z)$  можна розрахувати напруженість  $E(x,y,z)$  електричного поля в довільній точці простору, що оточує димовий шлейф пожежі. Оскільки силові лінії електростатичного поля поблизу поверхні Землі мають переважно нормальну складову  $E_z$ , то в роботі розглядаються збурення вертикального електростатичного поля. Проведені оцінки показали, що для димових шлейфів пожеж, що охоплюють ефективний об'єм  $5 \cdot 10^{10} \text{ м}^3$ , максимальне відхилення градієнта потенціалу електричного поля атмосфери від фонових значень становить  $\pm 10 \text{ кВ/м}$ , що можна порівняти за величиною з його змінами під час пилових бур [2]. Відповідно амплітуда збурень  $E_z$  становить

$\sim 10^3$  В/м. Отримана оцінка збурень  $E_z$  порівнянна за величиною з експериментальними змінами  $E_z$  перед сильними землетрусами [3,4].

### **Атмосферно-іоносферна електрична взаємодія.**

Атмосферно-іоносферна електрична взаємодія в області великих пожеж розглядалося за методикою [5]. Вона заснована на уявленні мезосфери в якості активного елементу глобального атмосферного електричного кола. Для аналізу електродинамічних тропосферно-іоносферних зв'язків використовувалася модель тропосферно-мезосферного електричного кола з параметрами: джерело мезосферного струму з щільністю струму  $j_m \approx 10^{-9} - 10^{-8}$  А/м<sup>2</sup>, що викликає збурення температури і ефективної частоти зіткнень електронів до порядку; локальний приземний опір  $R_i$ ; локальний опір  $R_m$  мезосферного джерела; зовнішній опір глобального шару атмосфери між поверхнею Землі і нижньою межею іоносфери  $R_a \approx 200$  Ом. У незбурених атмосферних умовах щільність струму розрядки глобального конденсатора (тобто щільність струму "ясною" погоди [6])  $j_a \approx 10^{-12}$  А/м<sup>2</sup> і  $j_m \gg j_a$ , тому при наявності  $j_m$  величиною  $j_a$  можна нехтувати. У незбурених умовах  $R_t \gg R_m \gg R_a$  і тому загальний опір навантаження мезосферного джерела струму  $R_i = R_m R_t / (R_m + R_t) \approx R_m$ , тобто електричні тропосферні-мезосферні зв'язки не проявляються [5]. В збурених умовах в регіоні над великими пожежами опір  $R_t$  може зменшуватися на порядок і більше, співвідношення між  $R_t$  і  $R_m$  змінюється, тому змінюється і  $R_i$ . Наприклад, при зменшенні  $R_t$  до двох порядків  $R_t \ll R_m$ , а  $R_i \approx R_t$ . Тоді різниця потенціалів  $U$  в мезосфері, що визначає напруженість  $E$  мезосферного електричного поля, стає залежною від  $R_t$ . Зменшення ж  $R$  і  $R_t$  призводить до відповідного зменшення  $E$  і, як наслідок, до зниження температури електронів  $T_e$  в мезосфері через підвищення провідності тропосфери (аж до незбурених значень). Тому при наявності над областю великих пожеж потужних мезосферних електричних полів можлива реалізація такого механізму [5]. Зростання на один-два порядки тропосферної провідності над регіоном за допомогою тропосферно-мезосферних електричних зв'язків призводить до падіння напруженості мезосферного електричного поля, що викликає швидке релаксаційне зниження температури  $T_e$  і ефективної частоти зіткнень електронів  $\nu_e$ , і відповідну зміну провідності мезосфери. Останній ефект може призводити до швидкої зміни умов поширення радіохвиль в нижній іоносфері над регіоном. При відсутності потужних мезосферних електричних полів отримані оцінки  $E_z$  з урахуванням розмірів шлейфів пожеж згідно [1] дозволяють стверджувати, що електричне поле в регіоні пожежі може проникати до висот Е-області ( $E_z$  буде  $\sim 0,5$  мВ/м) і приводити до збурень щільності електронів що реєструється на цих висотах.

### **Екологічні ефекти.**

Під екологічними ефектами, як правило, розуміють помітні відхилення параметрів навколишнього середовища від природних незбурених значень, які мають негативний вплив на флору і фауну планети. Відмітимо, що умови великих пожеж характеризуються відносною довготривалістю факторів, що впливають на середовище проживання. Екологічні наслідки великих пожеж пов'язані з: 1) масовими викидами в приземну атмосферу продуктів горіння (диму і сажі); 2) змінами приземного атмосферного електричного поля і 3) генерацією і посиленням електромагнітних і акустичних хвильових процесів. Розглянемо коротко вплив цих факторів.

#### *Викиди в атмосферу продуктів горіння.*

Найбільш суттєві екологічні наслідки пов'язані з викидами пилу, диму і сажі, які екранують сонячне випромінювання. Сильні пожежі в регіоні, створюючи потужну вертикальну тягу (швидкість потоків повітря досягає  $\sim 10$  м / с), сприяють проникненню аерозолів, що складаються з диму і сажі, до висот стратосфери на великій площі. Дим і сажа призводять відповідно до сильного розсіювання і поглинання сонячного випромінювання. При цьому утворюється потужний поглинаючий (екрануючий) шар. Ма-

са аерозолів може становити  $\sim 10 - 100$  кт. Час перебування аерозолів в стратосфері складає десятки діб, що призводить до значних екологічних наслідків. Важливим є факт можливості стимуляції вторинних, значно більш енергійних, процесів. Вони пов'язані з розсіюванням аерозолями і поглинанням сажею (продуктами горіння, викинутими в стратосферу) сонячного випромінювання, а значить частковим екрануванням земної поверхні. Енергія вторинних процесів на 3 – 5 порядків перевершує енергію первинного джерела. Виникаючі збурення поширюються на відстані  $\sim 1000$  км і охоплюють, мабуть, крім нижньої атмосфери, іоносферу та магнітосферу. В результаті екранування сонячного випромінювання земна поверхня недоотримає, наприклад, за 10 діб пожежі близько  $10^{23}$  Дж енергії. Приблизно така ж енергія виділиться в атмосфері. Приблизно така ж енергія виділиться в атмосфері. Такі порушення енергетичного балансу мають помітне значення для земної поверхні і для атмосфери. Важливо, що прояв екологічних наслідків буде помітним, часто істотним і незворотнім далеко за межами зони пожежі і протягом тривалого часу після нього.

#### *Зміни приземного атмосферного електричного поля.*

Зміни приземного атмосферного електричного поля в регіоні великої пожежі, як зазначено вище, будуть приводити до змін провідності шару атмосфери поблизу поверхні Землі на значній площі. Оскільки цей шар атмосфери має найбільший опір в глобальну електричному колі, то матимуть місце збурення електричних параметрів цього ланцюга, які призведуть до цілого ряду вторинних процесів в атмосфері, іоносфері і магнітосфері Землі. Останні, в свою чергу, впливають на навколосезонне середовище в глобальних масштабах. Передбачити їх вплив на середовище проживання важко, проте, не виключено, що воно може бути суттєвим.

#### *Генерація та посилення електромагнітних і акустичних хвильових процесів.*

В результаті генерації і посилення електромагнітних і акустичних хвильових процесів в регіоні пожежі потік потужності хвильового випромінювання зростає в сотні разів порівняно з незбуреними умовами. Наприклад, потік потужності акустичного випромінювання в природних умовах складає  $\Pi_{a0} \approx 0.3-1$  МВт/м<sup>2</sup>. На площі в 50 км<sup>2</sup> матимемо потужність акустичного випромінювання  $P_{a0} = \Pi_{a0}S \approx 15 - 50$  кВт. При пожежі на такій же площі потужність акустичного випромінювання зростає до  $P_a \approx 10$  МВт. Відзначимо, що  $P_a \gg P_{a0}$ . Велика частина енергії акустичного випромінювання доводиться на частку низькочастотних АГХ, тобто ВГХ, які ефективно проникають на висоти іоносфери, дисипирують і відіграють помітну роль у зміні динамічного режиму середньої та верхньої атмосфер Землі.

### **Литература**

1. Ким В.П. Возможные эффекты в Е-области ионосферы перед сильными землетрясениями / В.П. Ким, В.В. Хегай, П.В. Иллич-Свитыч // В сб.: Построение моделей развития сейсмического процесса и предвестников землетрясений. 1999. – Вып. 1. – С. 87–93.
2. Смирнов В.А. Ионизация в тропосфере. М.: Гидрометеиздат, 1992. – 312 с.
3. Бончковский В.Ф. Изменение градиента электрического потенциала атмосферы как один из предвестников землетрясений // Тр. Геофиз. Ин-та АН СССР. – 1954. – №25. – С.192–206.
4. Чернявский Е.А. Атмосферно-электрические предвестники землетрясений // Метеорология и гидрология в Узбекистане. Ташкент. 1955. –С.317–327.
5. Гоков А.М. Крупномасштабные ионосферные возмущения, вызываемые удаленными землетрясениями, и мощные мезосферные электрические поля / А.М. Гоков, С.И. Мартыненко, В.Т. Розуменко, О.Ф. Тырнов // Радиотехника. Харьков. – 2002. – Вып.128. – С.206–209.
6. Фетт В. Атмосферная пыль. М.: Иностранная литература, 1961. – 336 с.