

УДК 551.520.32

А. К. Федоренко¹, В. М. Івченко²

¹Інститут космічних досліджень НАНУ та НКАУ, Київ

²Київський національний університет ім. Тараса Шевченка

Поведінка атмосферної емісії О І λ 630.0 нм перед землетрусами

Надійшла до редакції 27.03.01

Проаналізовано поведінку атмосферної емісії О І λ 630.0 нм перед землетрусом та запропоновано підхід, за допомогою якого можна пояснити явище аномального послаблення інтенсивності даної лінії за кілька годин до початку землетрусу. У формуванні емісії ключову роль відіграють іонно-молекулярні реакції, швидкості яких різко залежать від іонної температури. Важливим механізмом нагрівання іонів можуть служити іоносферні електричні поля. При наявності електричних полів хімічні реакції прискорюються таким чином, що у підсумку продукування атомів О(¹D) та інтенсивність лінії О І λ 630.0 нм зменшуються.

ВСТУП

Власне випромінювання атмосфери дає можливість з наземних спостережень отримувати інформацію про її стан на різних висотах, що відповідають області локалізації емісії. Протягом десятків років за спостереженнями оптичних емісій атомів та молекул досліджуються вітри та поширення внутрішніх гравітаційних хвиль, визначається температура атмосфери. Останнім часом актуальність спостережень емісій атмосфери пов'язують з новими поглядами на природу літосферно-іоносферних зв'язків та розвитком ідей про іоносферні провісники землетрусів [6].

Систематичні спостереження Фішкової за інтенсивністю емісій атмосферного кисню показали, що за кілька годин перед землетрусом відносна інтенсивність лінії О І λ 630.0 нм зменшується на 15 %, а інтенсивність лінії О І λ 557.7 нм збільшується на 7 %, що не пов'язано з відомими регулярними варіаціями [12]. В роботі [11] проаналізовано систематичні спостереження дискретних форм полярних сьйв в районі бухти Тіксі з метою пошуку відгуку авроральної активності на близький землетрус. Отримано, що інтегральна яскравість дискретних форм полярних сьйв відчутно послаблюється у часовому інтервалі $T = -7^h \dots +22^h$ відносно сейсміч-

ної події. На думку авторів, цей ефект може бути пов'язаний із значним зменшенням електронної концентрації та електропровідності над областю епіцентру. Отримані результати здаються на перший погляд несподіваними, оскільки, як правило, збурення іоносфери супроводжуються підсиленням емісій.

Локалізація області формування емісії λ 630.0 нм в F-області та механізм збудження визначають її чутливість до таких збурень. В періоди геомагнітних збурень спостерігаються як приріст середніх інтенсивностей, так і короткоперіодичні коливання інтенсивності. Амплітуда короткоперіодичних коливань може навіть у кілька разів перевищувати інтенсивність емісії для спокійних умов [7].

ЗЕЛЕНА ЛІНІЯ О І λ 557.7 нм

Що стосується підсилення інтенсивності зеленої лінії О І λ 557.7 нм, то слід розділяти механізми, які відповідальні за формування даної емісії на висотах E- та F-областей іоносфери. За формування цієї лінії на висоті близько 100 км відповідальні два механізми: механізм Чепмена (потрійне зіткнення атомів кисню) та механізм Барта. В результаті дисоціативної рекомбінації іонів O₂⁺ та NO⁺

додаткове збудження виникає на висотах F-шару іоносфери і не перевищує 10—20 релей (приблизно кілька процентів від середньої інтенсивності лінії). Відповідно до цього можна розглядати окремо два компоненти інтенсивності лінії $O\ I\ \lambda\ 557.7\ \text{нм}$:

$$I_{557.7\ \text{нм}} = I_1 + I_2, \quad (1)$$

де компонент I_1 формується на висоті порядку 100 км за допомогою механізмів Чепмена та Барта, а компонент I_2 — на рівні F-шару іоносфери в результаті дисоціативної рекомбінації. Внесок компонента I_2 в інтенсивність лінії зростатиме в області високих широт, особливо під час вторгнень потоків електронів за рахунок додаткового утворення іонів O_2^+ в результаті ударної іонізації. Дослідження контурів лінії $O\ I\ \lambda\ 557.7\ \text{нм}$ під час полярних сьвів у Якутську дійсно показали короткочасні розширення контура внаслідок додатково збуджених атомів $O(^1S)$ в результаті дисоціативної рекомбінації [4]. Компонента I_2 має вести себе подібно до червоної лінії, оскільки механізм формування аналогічний (дисоціативна рекомбінація). На середніх широтах спостерігається підсилення зеленої лінії перед землетрусами згідно з даними Фішкової, яке швидше за все обумовлене підсиленням компонента I_1 , що може бути пов'язане із змінами переважно в нейтральній атмосфері (збільшення температури, посилення турбулентності, зміни концентрації нейтралів). Ймовірно ж послаблення компонента I_2 по аналогії з червоною лінією не буде відчутним на фоні збільшення інтенсивності домінуючого компонента I_1 .

ІОНОСФЕРНІ ПРОВІСНИКИ ЗЕМЛЕТРУСІВ

Окрім варіацій в емісіях, в період підготовки землетрусу, спостерігаються зміни цілого ряду параметрів іоносфери, які отримали назву іоносферних провісників землетрусів [6]. Це — зміни критичних частот і профілів електронної концентрації в E-та F-областях іоносфери, утворення спорадичного E-шару, дифузності в F-шарі та інші явища, які свідчать про певну перебудову іоносфери, обумовлену сейсмічною активністю. Збурення іоносфери сейсмічної природи, як правило, мають малу амплітуду, проте достатні для реєстрації за допомогою сучасних приладів в наземних спостереженнях чи з борту супутника. Спостережувані ефекти може обумовлювати електричне поле сейсмічного походження, яке частково проникає на висоті іоносфери і обумовлює цілий комплекс явищ. За оцінками [2] величини полів у нижній іоносфері можуть стано-

вити 10—100 мВ/м, проте питання про механізм проникнення електричного поля на висоті F-області залишається відкритим. Розрахунки для так званого електростатичного каналу літосферно-іоносферного зв'язку показали, що при безпосередньому проникненні електричного поля від літосфери до іоносфери воно має послаблюватись на 5-6 порядків. Щоб ефект був відчутним, необхідні надзвичайно великі напруженості полів у літосфері [5]. Проте є експериментальні результати, які свідчать про наявність аномальних електричних полів в іоносфері над областю підготовки землетрусу. Так, в роботі [8] при вивченні квазістастих електричних полів над районами землетрусів з борту ШСЗ «Інтеркосмос—Болгарія-1300» були зафіксовані у двох зонах над епіцентром і в магнітоспряженій області величини полів біля 3—7 мВ/м на висоті близько 800 км.

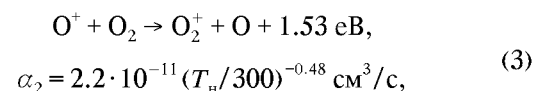
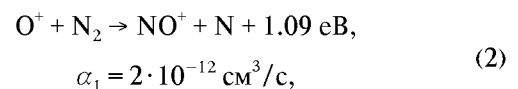
Критичний аналіз сучасних теоретичних механізмів літосферно-іоносферного зв'язку проведено в роботі [3].

МЕХАНІЗМ ФОРМУВАННЯ ЕМІСІЇ $O\ I\ \lambda\ 630.0\ \text{нм}$

Розглянемо механізм формування лінії $O\ I\ \lambda\ 630.0\ \text{нм}$. Лінія утворюється внаслідок радіаційного переходу $O(^1D) \rightarrow O(^3P) + h\nu$ (630.0 нм). Тобто, щоб виникла емісія, необхідний з одного боку механізм, який би забезпечував продукцію атомів $O(^1D)$, а з другого боку повинні виконуватись умови, за яких даний перехід відбувається.

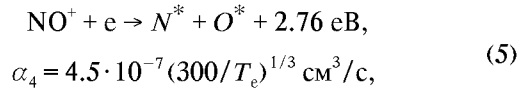
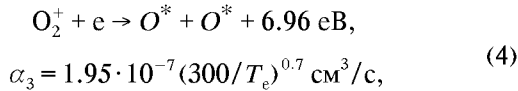
На висотах F-області іоносфери домінуючим іоном у звичайних умовах є O^+ , який утворюється під час фотоіонізації атомарного кисню. В збурених умовах, наприклад під час магнітних бурь, може значно збільшитись концентрація молекулярних іонів. Так, згідно з даними спостережень [14], на висоті близько 220—240 км концентрація $[NO^+]$ збільшувалась удвічі, а $[O_2^+]$ — на 80 %. У високоширотній іоносфері, наприклад в області аврорального овалу, іон NO^+ може стати навіть домінуючим.

В іоносфері при участі основних складових інтенсивно відбуваються процеси іонно-молекулярного обміну в напрямку утворення продуктів з нижчим потенціалом іонізації:



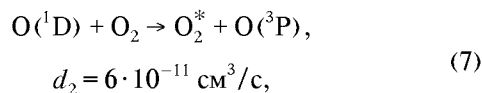
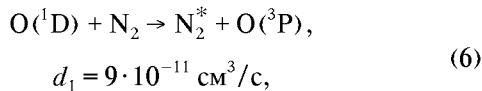
де α_1, α_2 — коефіцієнти швидкостей реакцій, T_n — температура нейтралів.

Молекулярні іони в свою чергу рекомбінують з електронами, розпадаючись на два атоми, які можуть бути збуджені на різні енергетичні рівні:



де α_3, α_4 — коефіцієнти швидкостей реакцій, T_e — електронна температура.

У правій частині (4) можливі комбінації $O(^3P) + O(^3P)$, $O(^3P) + O(^1S)$, $O(^1D) + O(^1D)$, $O(^1D) + O(^1S)$. В результаті процесу (5) можливі $N(^4S) + O(^1D)$, $N(^2D) + O(^3P)$, проте, як встановлено у [10], для комбінації $N(^4S) + O(^1D)$ не виконується закон збереження спіну, тому вважають, що саме процес (4) визначає швидкість збудження емісії O I λ 630.0 нм у F-області іоносфери. Тобто, основний вклад у формування емісії в середніх широтах та незбурених умовах вносить дисоціативна рекомбінація іонів O_2^+ . Збуджені атоми $O(^1D)$ дезактивуються в зіткненнях переважно з молекулами N_2 та O_2 :



де d_1, d_2 — коефіцієнти дезактивації відповідно молекулами N_2 та O_2 . Реакції (6) і (7) визначають втрати атомів $O(^1D)$ без випромінювання кванта. В результаті різкого збільшення концентрації нейтралів із зменшенням висоти різко зменшується і інтенсивність емісії O I λ 630.0 нм. На висоті близько 100 км час життя атомів $O(^1D)$ відносно зіткнень становить менше 0.01 с, тоді як фотохімічний час життя 110 с. Тому, хоча на цій висоті інтенсивно випромінює зелена лінія λ 557.7 нм, і в кожному акті цього процесу утворюється атом $O(^1D)$, інтенсивність червоної лінії зникаюче мала.

Записавши рівняння неперервності для атомів $O(^1D)$, отримаємо наближену формулу для обчислення об'ємної інтенсивності i_v лінії O I λ 630.0 нм за умови фотохімічної рівноваги:

$$\frac{\partial [O(^1D)]}{\partial t} = \quad (8)$$

$$= \alpha_2 \cdot [O^+] \cdot [O_2] - d \cdot [O(^1D)] - A_D \cdot [O(^1D)] = 0,$$

звідки

$$[O(^1D)] = \frac{\alpha_2 \cdot [O^+] \cdot [O_2]}{d + A_D},$$

$$i_v = A_D \cdot [O(^1D)] = \frac{\alpha_2 \cdot [O^+] \cdot [O_2]}{1 + d/A_D}, \quad (9)$$

де α_2 -коефіцієнт швидкості реакції (3), $A_D = 0.009 \text{ с}^{-1}$ (повна ймовірність переходу з рівня 1D); $d = d_1 \cdot [N_2] + d_2 \cdot [O_2]$ — коефіцієнт дезактивації $O(^1D)$ -атомів молекулами N_2 та O_2 ; $[O^+]$, $[O_2]$, $[N_2]$ — концентрації речовин. Постулюючи фотохімічну рівновагу, ми знехтували вкладом дифузії. Як показано в роботі [13], для збуджених атомів кисню $O(^1D)$ дифузиею можна знехтувати, оскільки вертикальне зміщення Δh внаслідок дифузії протягом фотохімічного часу життя атома $\tau = 110 \text{ с}$ набагато менше за шкалу висот H . Відношення $\Delta h/H \approx 0.03$ на висоті максимальної концентрації. Ефект дифузії проявиться у незначному зменшенні інтенсивності лінії, якщо атоми $O(^1D)$ дифундують вниз в область активної дезактивації.

ВПЛИВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ЛІНІЇ O I λ 630.0

Коефіцієнти швидкостей іонно-молекулярних реакцій (2), (3) швидко збільшуються із збільшенням енергії іонів [15]. У F-області іоносфери швидкість обміну енергією між іонами та нейтралами за рахунок великих частот зіткнень та зрівнянних мас набагато перевищує швидкість обміну енергією між електронами та іонами. Тому наявність електронного газу практично не впливає на температуру іонів $T_{\text{іон}}$, і для нагрівання іонів велике значення можуть мати електричні поля. Вплив E_{\perp} на структуру іоносфери стає відчутним вже при відносно слабких полях (порядку кількох мВ/м) [15]. Цей вплив проявляє себе у першу чергу через збільшення швидкості іонно-молекулярних реакцій. Швидкість процесів (2), (3) зростає, по-перше, через збільшення $T_{\text{іон}}$, а по-друге — через збільшення відносної швидкості іонів та нейтралів. При наявності поля швидкості реакцій (2), (3) збільшуються. Як наслідок, збільшуються концентрації O_2^+ , NO^+ , а згідно з (4), (5) — і кількість атомів $O(^1D)$. На перший погляд здається, що інтенсивність емісії

повинна зростати при наявності електричного поля внаслідок збільшення швидкостей хімічних реакцій.

Згідно з даними лабораторних вимірювань [13] коефіцієнти швидкостей реакцій $\alpha_2(O^+ + O_2)$ та $\alpha_1(O^+ + N_2)$ можна подати у вигляді

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 1.2 \cdot 10^{-12} (300/T_{\text{еф}}), & T_{\text{еф}} < 750 \text{ К}, \\ \alpha_1 &= 8.0 \cdot 10^{-14} (T_{\text{еф}}/300)^2, & T_{\text{еф}} > 750 \text{ К}, \\ \alpha_2 &= 2 \cdot 10^{-11} (300/T_{\text{еф}})^{0.4}, & T_{\text{еф}} < 1800 \text{ К}, \\ \alpha_2 &= 1.2 \cdot 10^{-12} (300/T_{\text{еф}}), & T_{\text{еф}} > 1800 \text{ К}, \end{aligned} \quad (10)$$

де $T_{\text{еф}} \approx T_{\text{н}} + 0.329E_{\perp}$, $h > 200$ км, $T_{\text{н}}$ — температура нейтралів.

Згідно з формулами (10) при збільшенні поля від 0 до 50 мВ/м коефіцієнт α_2 залишається практично незмінним і має значення порядку 10^{-11} см³/с, а при полях більших за 50 мВ/м він відчутно збільшується. Коефіцієнт α_1 при $E_{\perp} = 0$ має значення порядку 10^{-12} см³/с і зростає неперервно із збільшенням напруженості поля. При $E_{\perp} \approx 175$ мВ/м (такі потужні поля інколи спостерігаються у високоширотній атмосфері) коефіцієнти α_1 і α_2 одного порядку, а при подальшому зростанні поля $\alpha_1 > \alpha_2$. В результаті цього концентрація іонів O^+ зменшуватиметься, а NO^+ — зростатиме. Саме впливом поля пояснюють аномально високі концентрації NO^+ у високих широтах, які спостерігались під час ракетних вимірювань.

За умови фотохімічної рівноваги з урахуванням реакцій (2)—(5) можна записати

$$(Q + q) \cdot [O] = \alpha_1 [O^+] \cdot [N_2] + \alpha_2 [O^+] \cdot [O_2], \quad (11)$$

де Q — імовірність фотоіонізації атомів O , q — імовірність іонізації електронним ударом. Ліва частина виразу визначає джерело іонів O^+ , а права частина — втрати. З виразу (11)

$$[O^+] = \frac{(Q + q) \cdot [O]}{\alpha_1 \cdot [N_2] + \alpha_2 \cdot [O_2]}. \quad (12)$$

Якщо висипань електронів немає, то $q \ll Q$, проте в області аврорального овалу, наприклад, імовірність ударної іонізації O^+ може бути того ж порядку, що й імовірність фотоіонізації [9].

Розглянемо поведінку $[O^+]$ в залежності від електричного поля. Прийемо типові значення імовірності іонізації вище рівня поглинання (200 км) при умові середньої активності Сонця $Q = 1.1 \cdot 10^{-7}$ с⁻¹.

Концентрації нейтралів на висоті 270 км згідно з моделлю CIRA-72 становлять: $[O] = 10^9$ см⁻³, $[O_2] = 1.2 \cdot 10^7$ см⁻³, $[N_2] = 3 \cdot 10^8$ см⁻³. Тоді згідно з

Рис. 1. Залежність концентрації іонів O^+ від напруженості електричного поля

формулою (12) отримуємо залежність $[O^+]$ від E_{\perp} , зображену на рис. 1.

Оцінимо відношення i_{\perp}/i_0 на основі виразу (9). Оскільки у полях з напруженістю $E_{\perp} < 50$ мВ/м коефіцієнт α_2 практично не змінюється, наближено можна написати $i_{\perp}/i_0 \approx [O^+]_{E_{\perp}}/[O^+]_0$. При цьому ми не враховуємо зміну $[O_2]$. Нейтралі зазнають впливу електричного поля через зіткнення з розігрітими іонами, в результаті чого підвищується температура середовища. Швидкість деактивації d теж залежить від температури навколишнього середовища.

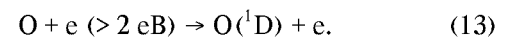
В таблиці показано, як зменшуватиметься відносна інтенсивність червоної лінії із збільшенням напруженості електричного поля.

Залежність відносної інтенсивності червоної лінії $O \text{ I } \lambda 630.0$ нм від напруженості електричного поля

E_{\perp} , мВ/м	0	5	10	15	20	25	50
i_{\perp}/i_0 ($h = 270$ км)	1.0	0.99	0.95	0.92	0.86	0.76	0.39

Отже, коли висипань електронів немає, поява поля E_{\perp} повинна супроводжуватись зменшенням інтенсивності емісії $O \text{ I } \lambda 630.0$ нм. В полях з напруженістю $E_{\perp} > 50$ мВ/м падіння інтенсивності гальмується, оскільки коефіцієнт α_2 вже залежить від поля і збільшується із збільшенням напруженості поля.

Крім дисоціативної рекомбінації, емісія $O \text{ I } \lambda 630.0$ нм може також збуджуватись безпосередньо в зіткненнях з енергійними електронами [7]



Тому під час висипань електронів емісія може додатково підсилюватись за рахунок процесу (13).

НІЧНА ЕМІСІЯ O I λ 630.0 НМ

Згідно з даними спостережень [7], емісія O I λ 630.0 нм в середніх широтах характеризується регулярним нічним ходом: зменшується від 200—300 релей на початку ночі до 30—50 релей близько опівночі. До 22—23 год зменшення відбувається швидко, а потім сповільнюється. Через 6 год після заходу Сонця і при висоті тіні більше 600 км середня інтенсивність емісії практично залишається на одному рівні до ранку за винятком зимових ночей, коли спостерігається передсутінкове підсилення інтенсивності за 1.5—2 год до початку астрономічних сутінок. Передсутінкове підсилення інтенсивності емісії пов'язують з появою додаткових електронів, які надходять з освітленої Сонцем магніто-спряженої області вздовж магнітної силової трубки. Після заходу Сонця зменшення інтенсивності емісії O I λ 630.0 нм у першій половині ночі є наслідком втрат іонів O^+ та електронів у процесах рекомбінації та іонно-молекулярних реакціях. Після опівночі середня інтенсивність практично не змінюється, тобто встановлюється рівновага, коли втрати іонів компенсуються іонізацією. Це означає, що існує додаткове нічне джерело іонізації, яке компенсує втрати іонів O^+ в хімічних реакціях і підтримує рівновагу. Таким механізмом може бути ударна іонізація. В середніх широтах додаткова іонізація може виникати також за рахунок притоку плазми з плазмосфери вздовж незамкнених геомагнітних силових ліній. Вимірювання на ряді супутників дали можливість отримати глобальну картину світіння: прослідковується помітна орієнтація областей підвищеної інтенсивності у вигляді широких тропічних дуг вздовж геомагнітних паралелей.

Щоб дослідити поведінку лінії O I λ 630.0 нм в нічних умовах, запишемо рівняння неперервності для іона O^+ без врахування процесів переносу:

$$\frac{\partial [O^+]}{\partial t} = \quad (14)$$

$$= (Q + q) \cdot [O] - \alpha_1 \cdot [O^+] \cdot [N_2] - \alpha_2 \cdot [O^+] \cdot [O_2].$$

Для нічних умов покладемо коефіцієнт фотоіонізації $Q = 0$. Після розділення змінних та інтегрування отримаємо

$$[O^+](t) = \left\{ [O^+](0) - \frac{q[O]}{\beta} \right\} \exp(-\beta \cdot t) + \frac{q[O]}{\beta}, \quad (15)$$

де $\beta = \alpha_1 \cdot [N_2] + \alpha_2 \cdot [O_2]$.

Підставимо замість $[O^+](0)$ (концентрація іонів на початку ночі) вираз (13):

$$[O^+](t) = \frac{Q \cdot [O]}{\beta} \exp(-\beta \cdot t) + \frac{q[O]}{\beta}. \quad (16)$$

Перший доданок у виразі (16) описує експоненційне зменшення концентрації іонів O^+ у перші години після заходу Сонця, другий доданок — це нічне джерело іонізації атомів O. Оскільки, згідно із спостереженнями, емісія протягом ночі зменшується в середньому в п'ять разів, покладемо $q = Q/5$.

Проаналізуємо вплив поля E_{\perp} на регулярний нічний хід емісії. На рис. 2 показано, як змінюється концентрація іонів O^+ при наявності поля згідно з рівнянням (16). Верхня крива відповідає незбуреному полем нічному ходу і в загальних рисах узгоджується із спостереженнями. Середня крива описує поведінку концентрації іонів O^+ для поля $E_{\perp} = 20$ мВ/м, нижня — для поля $E_{\perp} = 50$ мВ/м. Тобто, концентрація O^+ та інтенсивність емісії O I λ 630.0 нм зменшуються при наявності поля швидше після заходу Сонця. При цьому інтенсивність зменшується не тільки швидше, але й до менших абсолютних значень.

Якщо в іоносфері перед землетрусами виникають електростатичні поля, то в рамках розглянутого наближення можна пояснити і аномальне зниження інтенсивності емісії O I λ 630.0 нм. Також можна пояснити явище синхронного зниження інтенсивності червоної лінії і підвищення температури, що спостерігалось в ніч перед Іранським землетрусом [1]. Область підвищеної температури F_2 -області іоносфери ($\Delta T = 350$ К) та синхронно зменшеної інтенсивності ($\Delta I = -80$ %) була орієнтована вздовж магнітного меридіана. Якщо припустити існування аномального електричного поля, змен-

Рис. 2 Зміна концентрації іонів O^+ з часом після заходу Сонця для різних значень поля

шення інтенсивності емісії відбуватиметься за рахунок описаного вище механізму. Розігріті в електричному полі іони в результаті зіткнень з нейтралами підвищують температуру середовища.

1. Акмамедов Х., Перцев Н. Н., Романова Н. Н. и др. Возможный механизм увеличения температуры F2-области ионосферы в период Иранского землетрясения 20 июня 1990 года // Геомагнетизм и аэронаука.—1996.—36, № 2.—С. 119—123.
2. Гохберг М. Б., Гершезон Н. И., Гуфельд И. Л. и др. О возможных эффектах воздействия электрических полей сейсмического происхождения на ионосферу // Геомагнетизм и аэронаука.—1984.—24, № 2.—С. 217—222.
3. Гохберг М. Б., Шалимов С. Л. Литосферно-ионосферная связь и ее моделирование // Российский журнал наук о Земле.—2000.—2, № 1.
4. Игнатьев В. М. Особенности контуров линий 5577 Э и 6300 Э в полярных сияниях // Геомагнетизм и аэронаука.—1977.—№ 1.—С. 153—154.
5. Ким В. П., Хегай В. В., Иллич-Свитыч П. В. О возможном ионосферном предвестнике землетрясений // Изв. АН СССР. Физ. Земли.—1994.—3.—С. 37—40.
6. Липеровский В. И., Похотелов О. А., Шалимов С. Л., Ионосферные предвестники землетрясений. — М: Наука, 1992.—305 с.
7. Фишкова Л. М. Ночное излучение среднеширотной верхней атмосферы Земли. — Тбилиси: Мецниереба, 1983.—271 с.
8. Чмырев В. М., Исаев Н. В., Биличенко С. В. и др. Электрические поля и гидромагнитные волны в ионосфере над очагом землетрясения // Геомагнетизм и аэронаука.—1986.—26, № 6.—С. 1020—1022.
9. Banks P. M., Shunk R. W., Raitt W. J. NO⁺ and O⁺ in the high latitude F-region // Geophys. Res. Lett.—1974.—1, N 6.—P. 239—242.

10. Dalgarno A., Walker J. C. G. The red line of atomic oxygen in the day airglow // J. Atmospheric Sci.—1964.—N 21.—P. 463—474.
11. Dzubenko M. I., Evtushevsky A. M., Ivchenko V. M. Some effects of background ionospheric electrical conductivity in the structural characteristics of aurorae // Вісник Київського Університету. Астрономія.—1999.—№ 35—P. 87—92.
12. Fishkova, L. M., Gokhberg M. B., Philipenko V. A. Relationship between night airglow and seismic activity // Ann. Geophys.—1985.—3, N 6.—P. 679—694.
13. Peterson V. L., VanZandt T. E., Norton R. B. F-Region Nightglow Emissions of Atomic Oxygen 1. Theory // J. Geophys. Res.—1966.—71, N 9.—P. 2255—2265.
14. Prolss G. W., Zahn U. Von. Esro 4 gas analyzer results. 2. Direct measurements of changes in the neutral composition during an ionospheric storm // J. Geophys. Res.—1974.—79A, N 16.—P. 2535—2539.
15. Schunk R. W., Raitt W. J., Banks P. M. Effect of electric fields on the daytime high-latitude E and F regions // J. Geophys. Res.—1975.—80, N 22.—P. 3121—3130.

BEHAVIOR OF ATMOSPHERIC O I λ 630.0 NM EMISSION BEFORE EARTHQUAKES

A. K. Fedorenko and V. M. Ivchenko

We analyze seismogenic variations of the nightglow emission O I λ 630.0 nm. We suggest the mechanism which explains the anomalous decrease of this line intensity few hours before an earthquake. This mechanism is based on the fact that ion-molecular reactions depend crucially on the ion temperature. Ionospheric electric fields are an effective factor of the ion heating influencing the chemical reaction rate. As a result, the production of O(¹D) atoms and the intensity of emission O I λ 630.0 nm decrease.