

АТМОСФЕРАЛЫҚ ГАЗ - КҮН РАДИАЦИЯСЫ ТЕПЕ-ТЕҢСІЗ ЖҮЙЕСІНДЕГІ
АТМОСФЕРАЛЫҚ ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ ТОЛҚЫНДАР СПЕКТРІНІҢ
ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Нұрғалиева Қ. Е., Тлекова Қ.О.

әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы

Ұсынылып отырған жұмыста Жер атмосферасы Күн радиациясымен әсерлесетін біртекті атмосфералық газ - күн радиациясы ретінде қарастырылып, тепе-теңсіз термодинамика аясында осындай жүйенің динамикасының дамуы зерттелініп отыр.

Жер атмосферасының құрылымы негізінен Күн радиациясы ағынына тәуелді, атмосфера динамикасы кеңістіктік-уақыттық құрылымын анықтайтын газодинамика теңдеулерімен сипатталады. Газодинамика теңдеулерін аналитикалық шығару қиын болғандықтан біз сандық әдісті қолданамыз.

Күн радиациясы ағымындағы атмосфера - тепе-теңсіз орта. Атмосфераның жылулық тепе-теңсіздігі Күн радиациясының атмосфера арқылы өтіп, трансформациялануымен анықталады [1, 2]. Бұл дегеніміз атмосферадағы тепе-теңсіздік атмосфераға келетін ультакүлгін радиацияның энтропия ағыны мен Жер планетасынан кететін инфрақызыл сәулелену энтропия ағынының айырымымен анықталады.

Бастапқы теңдеулер жүйесі ретінде тепе-теңсіздік термодинамика теңдеулерін қолданамыз [3]. Бұл теңдеулер жүйесі жоғарыда айтылып өткен энтропия балансы, радиация ағыны мен газдың энергияларының алмасуымен толықтырылды.

Осылайша алынған теңдеулер жүйесі төмендегідей түрде болады [4, 5]:

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho = -\nabla \rho \vec{v} \quad , \quad (1)$$

$$\rho \frac{\partial}{\partial t} \vec{v} + \rho (\vec{v} \nabla) \vec{v} = -\nabla P + \rho \vec{g} \quad , \quad (2)$$

$$\rho \frac{(c_V + c_V^R)}{P} \frac{dP}{dt} - (c_P - c_V^R) \frac{d\rho}{dt} + (\nabla L) / T - \left(\frac{1}{T} + \frac{1}{T_s} \right) \int \tilde{\kappa}_a(v) \rho I_v dv + (div J_e) / T = 0 \quad , \quad (3)$$

$$\frac{d}{dz} J_1 = \mu_1 \rho J_1 \quad , \quad (4)$$

$$\frac{d}{dz} J_2 = -\mu_2 \rho J_2, \quad (5)$$

$$P = \rho RT, \quad (6)$$

(1)-(6) теңдеулер жүйесі үзіліссіздік теңдеуі, қозғалыс теңдеуі, энергия теңдеуі, атмосфераға түсетін және кететін радиация ағынының теңдеуі және идеал газдың күй теңдеуінен тұрады.

Атмосфераның құрылымын және динамикасын сыртқы әлсіз әсерлерге қарсы реакциясынан зерттеуге болады. Бұл әсерлер атмосферадағы меншікті толқындардың пайда болуымен сипатталады. Атмосфераның динамикасын қарастырғанда меншікті жиіліктегі спектрлердің дисперсиялық қатынасын анықтау керек. Ол үшін (1)-(6) теңдеулер жүйесіне сызықтандыру әдісін қолданып, тепе-теңсіздік термодинамика аясында дисперсиялық қатынасты аламыз [4, 5]:

$$\begin{aligned} \omega^4 + \frac{4\sigma T_0^3}{\rho_0 c_V} i(k^2 H_T + ik_z) \omega^3 - g\gamma (Hk^2 - ik_z) \omega^2 - \frac{4\sigma T_0^3 g}{\rho_0 c_V} i(k^2 H_T + ik_z) (Hk^2 - ik_z) \omega + \\ + \frac{\mu c^2}{\gamma T_0 c_V} \frac{ik_z J_0 k^2}{ik_z - \mu \rho_0} \omega + g^2 (\gamma - 1) k_x^2 = 0 \end{aligned} \quad (7)$$

мұндағы $H_T = \frac{\chi}{4\sigma T_0^3}$, $H = \frac{c^2}{\gamma g}$

$k^2 H_T \ll ik_z$, екенін ескеріп, келесі теңдеуді жазамыз [5]:

$$\begin{aligned} \omega^4 - \frac{4\sigma T_0^3}{\rho_0 c_V} k_z \omega^3 - g\gamma (Hk^2 - ik_z) \omega^2 + \frac{4\sigma T_0^3 g\gamma}{\gamma \rho_0 c_V} ik_z (iHk^2 + k_z) \omega + \\ + \frac{\mu c^2}{\gamma T_0 c_V} \frac{ik_z J_0 k^2}{ik_z - \mu \rho_0} \omega + g^2 (\gamma - 1) k_x^2 = 0, \end{aligned} \quad (8)$$

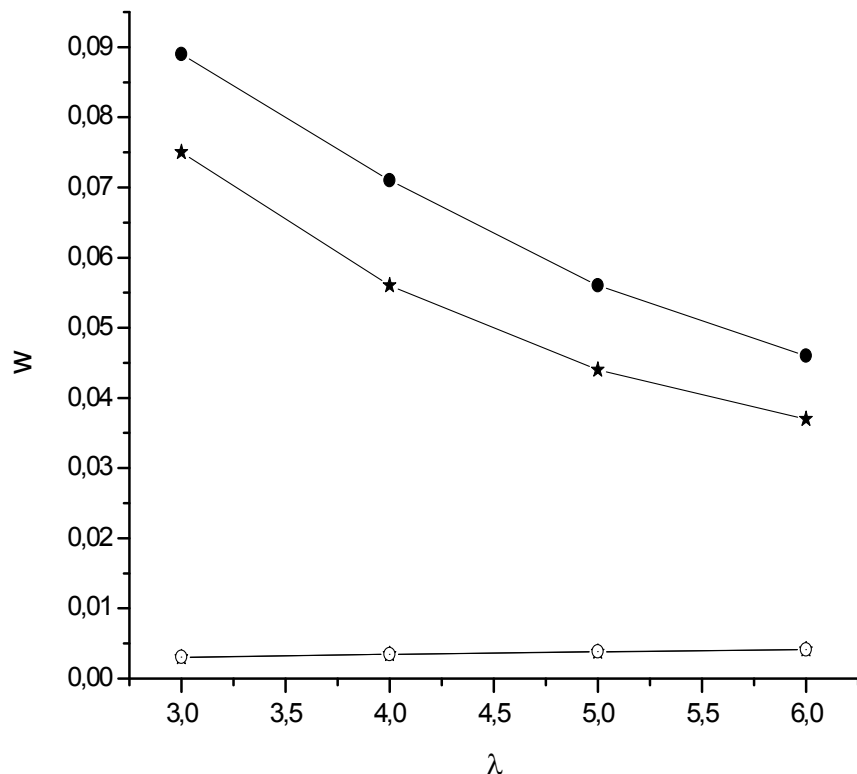
мұндағы, P-атмосфералық газ қысымы; \vec{v} - атмосфералық газды тасымалдау жылдамдығы; T-атмосфералық газ температурасы; ρ-атмосфералық газ тығыздығы; t-уақыт; g-еркін түсу үдеуі; c-жарық жылдамдығы; c_V, c_P - көлем және қысым тұрақты болған кездегі атмосфералық газдың жылу сыйымдылығы; I_ν -жиілігі ν болатын фотон шоғының қарқындылығы; $\chi'_a(\nu)$ -газ тығыздығына қатысты радиацияны жұту коэффициенті; L-жылу ағыны; J_e -атмосфералық газдың жылулық сәулеленуі; μ -күн радиациясының орташа жұту коэффициенті; J-радиацияның интегралдық ағыны (жоғарыдан төменге бағытталған).

(8) теңдеудегі дисперсиялық қатынастарды сандық әдіспен шешу Mathcad 13 программасының көмегімен жүзеге асты. Есептеулер 10÷100 км аралығындағы биіктіктер үшін жүргізілді.

Есептеу барысында $g=9.8\text{м/с}^2$, $\gamma = 1.4$, $k^2 = k_x^2 + k_z^2$, $k_x = \frac{2\pi}{\lambda_x}$, $k_z = \frac{2\pi}{\lambda_z}$, $i = \sqrt{-1}$ $R=8,31$ Дж/(моль·К), $c_V = 717$, $J_0 = \frac{1400\text{Вт}}{\text{м}^2}$, $\mu = 2 * 10^{-3}$ екенін ескерілді. Температура

мен тығыздықтың мәндері ГОСТ 4401-81 атмосфераның стандартты моделінің мәндерінен [6] алынды. Дисперсиялық қатынастар $H = 10 \div 100$ км биіктік үшін және толқын ұзындығы $\lambda_x = 10 \div 100$ км, $\lambda_z = 1 \div 10$ км тең толқындар үшін анықталды.

Жылулық тепе-теңдіктегі және тепе-теңсіздіктегі атмосфера жағдайында Күн радиациясын есепке алғанда және алмағанда (күндізгі және түнгі уақыт) алынған есептеу нәтижелері 1-ші графикте келтірілген.



Дөңгелек – күндізгі; жұлдызша – түнгі; боялғаны – тепе-теңсіз атмосфера; боялмағаны – тепе-тең атмосфера.

График-1. Тепе-тең және тепе-теңсіз атмосфераның күндізгі және түнгі уақыттағы $h=50$ км биіктіктегі толқын жиілігінің ω λ_z -тен теуелділік графигі

Байқап отырғанымыздай тепе-тең және тепе-теңсіз спектрлер үшін күндізгі спектр түнгіге қарағанда жоғары жиілікті аймаққа қарай ығысады. Алайда тепе-теңсіз спектр үшін бұл ығысу оншақты пайызға дейін жетеді, оны эксперимент жүзінде байқауға болады және бұл нәтижелер [7] жұмыста келтірілген.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Essex C. Radiation and irreversible thermodynamics of climate // Journal of the atmospheric sciences. - 1986. - V. 41, N 12. - P. 1985 – 1991
2. Изаков М.Н. Самоорганизация и информация на планетах и в экосистемах // Успехи физических наук. - 1997. - Т. 167, N 10. - С. 1087 – 1094.
3. Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика. Статистическая физика и кинетика: учебное пособие, Москва: Наука, 1972, 363-371
4. Нургалиева К.Е. Спектральный состав внутренних гравитационных волн в неравновесной атмосфере: Дис. канд. ф.-м. наук. Алматы, 2009
5. Сомсиков В.М., Гангули Б., Дунгенбаева К.Е. Особенности спектра волновых возмущений в неравновесной атмосфере// Изв. НАН РК. Серия физико-математическая. 2003. №4
6. ГОСТ 4401-81. Атмосфера стандартная. Параметры: ИПК Издательство стандартов. Москва.2004.
7. Нургалиева К.Е. Необходимость принятия во внимание эффектов неравновесности атмосферы при изучении ее динамики // Вестник АГУ. Серия физ.-мат. – 2007 - Выпуск 4. – С. 48-51