

ИССЛЕДОВАНИЕ УРАВНЕНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОБЛАКА В ВЕРТИКАЛЬНО ОДНОМЕРНОМ ЛИНЕАРИЗОВАННОМ СЛУЧАЕ.

Меражов Икром

Phd.Международный университет Азия, Бухара, Узбекистан.

Аннотация: Эта статья включает новые предположения и упрощения, нацеленные на улучшение предложенной математической модели динамики облаков и фазовых переходов развитых в работах [6-9], это может привести к значительному улучшению прогнозирования погоды и понимания процессов в атмосфере. Важно отметить использование искусственного интеллекта для корректировки математических моделей — это может значительно повысить точность и эффективность моделей. Как обычно система уравнений записано в матричном виде и линеаризованы эти уравнения относительно постоянного решения. Далее решая пошагово каждое уравнение друг за другом, найдены общие решения для каждого уравнения. Дальнейшей целью нашего исследования этой математической модели является найти зависимость давления и температуры от скоростей испарения и конденсации среды методами обратных задач математической физики.

Общие принципы построения рассматриваемой новой математической модели.

Предложенная нами очень упрощенная и удобная для исследования математическая модель облака и фазовых переходов в атмосфере в вертикальном направлении позволяет найти общий волновой вид решений в одномерном случае, а также посмотреть как влияют факторы как скорости испарения и конденсации на температуру и давление. Эта математическая модель было получена исходя из общих требований ко всем моделям сплошных сред таких как законы сохранения массы, импульса, энергии, первого и второго начала термодинамики, а также из принципа непротиворечивости и замкнутости уравнений модели. Эти принципы построения математических моделей являются очень известны. Они предложены и развиты в работах выдающихся учёных таких как С.К. Годунова, В.Н. Доровского, А.М. Блохина и других известных их последователей [1-5]

$$\frac{\partial}{\partial t} \begin{bmatrix} \rho \\ \rho v_z \\ \rho e \\ \rho v_{\text{vapour}} \\ \rho S \end{bmatrix} + \frac{\partial}{\partial z} \begin{bmatrix} \rho v_z \\ \rho v_z^2 + P \\ (\rho e + P) v_z \\ \rho v_{\text{vapour}} v_z \\ \rho S v_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \rho g + \frac{\partial \tau}{\partial z} \\ \frac{\partial}{\partial z} \left(\kappa \frac{\partial T}{\partial z} \right) + L_v (\dot{m}_{\text{evap}} - \dot{m}_{\text{cond}}) \\ \dot{m}_{\text{evap}} - \dot{m}_{\text{cond}} \\ \frac{1}{T} \left(\frac{\partial}{\partial z} \left(\kappa \frac{\partial T}{\partial z} \right) + L_v (\dot{m}_{\text{evap}} - \dot{m}_{\text{cond}}) - P \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) \end{bmatrix}.$$

Матричная запись системы уравнений рассматриваемой математической модели.

Приведем итоговый вид рассматриваемой системы уравнений в консервативной форме

$$(\rho_0, v_{z0}, T_0, P_0, \rho_{\text{vapour},0}, \rho S_0),$$

[9] :

Возьмём некоторое постоянное решение системы (фоновые состояния): Пусть все переменные в стационарном состоянии равны и все потоки испарения и конденсации в стационарном режиме сбалансированы:

Линеаризация уравнений: Разлагаем каждую переменную как сумму стационарного

$$\frac{\partial \rho'}{\partial t} + v_{z0} \frac{\partial \rho'}{\partial z} + \rho_0 \frac{\partial v'_z}{\partial z} = 0.$$

состояния и $(\rho', v'_z, T', P', \rho'_{\text{vapor}}, S')$ малого возмущения:

$$\frac{\partial v'_z}{\partial t} + v_{z0} \frac{\partial v'_z}{\partial z} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P'}{\partial z} = 0.$$

Подставляем разложения в систему уравнений и сохраняем только члены первого порядка

$$\frac{\partial T'}{\partial t} + v_{z0} \frac{\partial T'}{\partial z} + \frac{(P_0 \gamma - P_0)}{\rho_0 c_v} \frac{\partial v'_z}{\partial z} = \frac{\kappa}{\rho_0 c_v} \frac{\partial^2 T'}{\partial z^2},$$

по возмущениям

Линеаризованные уравнения:

Уравнение непрерывности (масса):

$$\frac{\partial \rho'_{\text{vapor}}}{\partial t} + v_{z0} \frac{\partial \rho'_{\text{vapor}}}{\partial z} = \dot{m}'_{\text{evap}} - \dot{m}'_{\text{cond}}.$$

Уравнение импульса (движение):

$\gamma = \frac{c_p}{c_v}$ Уравнение энергии:

$$\frac{\partial S'}{\partial t} + v_{z0} \frac{\partial S'}{\partial z} = \frac{1}{T_0} \left(\frac{\kappa}{\rho_0} \frac{\partial^2 T'}{\partial z^2} - P_0 \frac{\partial v'_z}{\partial z} \right).$$

где, — показатель адиабаты

Уравнение испарения-конденсации:

$$\frac{\partial^2 v'_z}{\partial t^2} - c^2 \frac{\partial^2 v'_z}{\partial z^2} = 0,$$

Уравнение энтропии:

Давайте пошагово разберём задачу и выполним подробные вычисления. В процессе

$$v'_z(z, t) = A e^{i(kz - \omega t)},$$

рассмотрим взаимодействие между испарением и температурой

$$c = \sqrt{\frac{\partial P}{\partial \rho}} \quad \text{Волновое уравнение для скорости}$$

где, скорость звука.

Для простоты предположим гармоническое решение вида:

$$\rho = \rho_0 + \rho', \quad v_z = v_{z0} + v'_z, \quad T = T_0 + T', \quad P = P_0 + P', \quad \rho_{\text{vapor}} = \rho_{\text{vapor},0} + \rho'_{\text{vapor}}, \quad S = S_0 + S'.$$

$$-i\omega B e^{i(kz-\omega t)} + ikv_{z0} B e^{i(kz-\omega t)} + ik\rho_0 A e^{i(kz-\omega t)} = 0.$$

Подставляем решение в уравнение неразрывности

$$\rho'(z, t) = B e^{i(kz-\omega t)}$$

Рассматриваем гармоническое решение для плотности:

$$-i\omega B + ikv_{z0} B + ik\rho_0 A = 0.$$

где — амплитуда возмущения плотности. Подставляем это в уравнение:

Сокращаем на (ненулевой множитель):

Разделим на и упростим:

$$-\omega B + kv_{z0} B + k\rho_0 A = 0.$$

Выразим (амплитуду плотности):

$$B = \frac{k\rho_0 A}{\omega - kv_{z0}}.$$

Полное решение для '(,):

$$\rho'(z, t) = \frac{k\rho_0 A}{\omega - kv_{z0}} e^{i(kz-\omega t)}.$$

Решение уравнения импульса и выражение для давления

$$\frac{\partial v'_z}{\partial t} + v_{z0} \frac{\partial v'_z}{\partial z} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P'}{\partial z} = 0.$$

Подставляем и получим

$$v'_z(z, t) = A e^{i(kz-\omega t)};$$

$$-i\omega A e^{i(kz-\omega t)} + v_{z0} ik A e^{i(kz-\omega t)} + \frac{1}{\rho_0} \cdot ik P' = 0.$$

Для '(,) предполагаем решение:

$$P'(z, t) = C e^{i(kz-\omega t)}, \quad C = \rho_0 A (\omega - kv_{z0}).$$

где — амплитуда давления. Подставляем в уравнение:

$$-i\omega A + ikv_{z0} A + \frac{ik}{\rho_0} C = 0.$$

Разделим на и упростим:

$$-\omega A + kv_{z0} A + \frac{k}{\rho_0} C = 0.$$

Выразим (амплитуду давления):

$$\frac{\partial P'}{\partial t} + v_{z0} \frac{\partial P'}{\partial z} + \rho_0 \cdot ik A e^{i(kz-\omega t)} = 0.$$

Полное решение для давления:

$$-i\omega D e^{i(kz-\omega t)} + ik v_{z0} D e^{i(kz-\omega t)} = \dot{m}'_{\text{evap}} - \dot{m}'_{\text{cond}}$$

$$D = \frac{-i(\dot{m}'_{\text{evap}} - \dot{m}'_{\text{cond}})}{\omega - k v_{z0}}$$

Подставляем решения в уравнение испарения-конденсации:

$$\frac{\partial \rho'_{\text{vapor}}}{\partial t} + v_{z0} \frac{\partial \rho'_{\text{vapor}}}{\partial z} = \dot{m}'_{\text{evap}} - \dot{m}'_{\text{cond}}$$

Подставим $e^{i(kz-\omega t)}$; гармоническое решение для

$$\dot{m}'_{\text{evap}} - \dot{m}'_{\text{cond}}$$

где D — амплитуда паровой фазы. Слева:

$$D(\omega - k v_{z0}) = -i(\dot{m}'_{\text{evap}} - \dot{m}'_{\text{cond}})$$

Сокращаем на

Упростим:

Выразим :

На правой стороне уравнения испарения-конденсации это разность скоростей массопереноса между испарением и конденсацией:

$$P'(z, t) = \rho_0 A (\omega - k v_{z0}) e^{i(kz-\omega t)}$$

Вывод : Если функции \dot{m}'_{evap} и \dot{m}'_{cond} даны явно, их можно подставить и рассчитать. -Если они неизвестны потребуется уточнить дополнительные физические законы или эмпирические зависимости, чтобы их выразить. Для изучения засухи и недостатка осадков нужно подходить к задаче комплексно,используя как метеорологические данные,

$$\rho'_{\text{vapor}}(z, t) = D e^{i(kz-\omega t)},$$

так и методы анализа, которые учитывают физико-географические и социально-экономические аспекты.

$$-i\omega D + ik v_{z0} D = \dot{m}'_{\text{evap}} - \dot{m}'_{\text{cond}}$$

Литературы

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. — Гидродинамика (Теоретическая физика, Том 6
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. — Статистическая физика. Часть 1 (Теоретическая физика, Том 5
3. Годунов, С.К., Роменский, Е.И.,Элементы механики сплошных сред и законы сохранения. Новосибирск,Научная книга, 1998

4. Блохин А. М., Доровский В. Н. Проблемы математического моделирования в теории многоскоростного континуума. СО РАН. Новосибирск.
5. Godunov S. K., Romensky E. I. Thermodynamics. Conservation Laws, and Symmetric Forms of Differential Equations in Mechanics of Continuous
6. Media // Comput. Fluid Dinamics Review 1995, J. Willey: 1995. P. 19-30.
7. Merazhov, I. ОБ ОДНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОБЛАКО. <https://worldlyjournals.com/index.php/IJSR/article/view/7130>, date 25-11-2024, Vol. 8 No. 2 (2024): International journal of scientific researchers.
8. Merazhov, I. Общий подход к математическим моделям облако, <https://worldlyjournals.com/index.php/IJSR/article/view/7972>, 21-12-2024, Vol. 9 No. 1 (2024): International journal of scientific researchers. Vol. 9 No. 1 (2024): International journal of scientific researchers.
9. 8.-Merazhov, I. ТЕРМОДИНАМИКА ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОБЛАКО Vol. 1 No. 2 (2024): Modern digital technologies in education: problems and prospects, <https://incop.org/index.php/mod/article/view/241>
10. Merazhov, I. THE BASIC PRINCIPLES OF CONSERVATION IN ECOLOGY. PEDAGOGIK TADQIQOTLAR JURNALI №3, Yanvar, 2025, ISSN: 3060-4923, Impact Factor – 7,212 https://scholar.google.com/scholar?hl=ru&as_sdt=0%2C5&q=wosjournals.com&btnG
11. Xamroyevna, M. B. (2024). SUYUQ KRISTALLAR VA ULARNING XUSUSIYATLARI. *Modern digital technologies in education: problems and prospects*, 1(2), 32-38.
12. Xamroyevna, M. B. (2024). PLAZMA VA UNING XOSSALARI. PLAZMANING QO ‘LLANILISHI. *Introduction of new innovative technologies in education of pedagogy and psychology*, 1(3), 73-78.
13. Xamroyevna, M. B. (2024). TERMOELEKTRIK HODISALAR. *Introduction of new innovative technologies in education of pedagogy and psychology*, 1(3), 102-107.
14. Xamroyevna, M. B. (2024). OCHIQ TIZIMLARDA ENTROPIYANING LOKAL KAMAYISHI VA DISSIPATIV STRUKTURALAR. *Introduction of new innovative technologies in education of pedagogy and psychology*, 1(3), 86-92.
15. Xamroyevna, M. B. (2024). O ‘TA O ‘TKAZUVCHANLIK VA UNING KVANTOMEXANIK TALQINI. *Introduction of new innovative technologies in education of pedagogy and psychology*, 1(3), 93-101.
16. Xamroyevna, M. B. (2024). FUNDAMENTAL O ‘ZARO TA’SIRLAR TURLARI. *Introduction of new innovative technologies in education of pedagogy and psychology*, 1(3), 79-85.
17. Bobokulova, M. (2024). Alternative energy sources and their use. *Medicine, pedagogy and technology: theory and practice*, 2(9), 282-291.
18. Boboqulova, M. X. (2025). YUQORI CHASTOTALI SIGNALLARNI UZATISH USULLARI. PEDAGOGIK TADQIQOTLAR JURNALI, 2(2), 32-35.
19. Boboqulova, M. X. (2025). TO ‘LQIN O ‘TKAZGICHLAR (VOLNOVODLAR). *Problems and solutions at the stage of innovative development of science, education and technology*, 2(1), 1-7.
20. Boboqulova, M. X. (2025). MIKROZARRALARNING KORPUSKULYAR-TO ‘LQIN DUALIZMI. SHREDINGER TENGLAMASI. *Problems and solutions at the stage of innovative development of science, education and technology*, 2(1), 8-13.
21. Boboqulova, M. X. (2025). SPINLI ELEKTRONIKA. *Problems and solutions at the stage of innovative development of science, education and technology*, 2(1), 60-65.

22. Boboqulova, M. X. (2025). INTERFEROMETRLAR. KO ‘P NURLI INTERFERENSIYA. *Problems and solutions at the stage of innovative development of science, education and technology*, 2(1), 54-59.
23. Boboqulova, M. X. (2025). SHAFFOF JISMLARNING SINDIRISH KO ‘RSATKICHINI MIKROSKOP YORDAMIDA ANIQLASH. *Problems and solutions at the stage of innovative development of science, education and technology*, 2(1), 48-53.
24. Jalolov, T. S. (2024). KIBERMUHOFAZANING TA'LIM JARAYONIDAGI O'RNI. PEDAGOGIK TADQIQOTLAR JURNALI, 2(1), 189-192.
25. Junaydullaevich, T. B. (2023). BITUMENS AND BITUMEN COMPOSITIONS BASED ON OIL-CONTAINING WASTES. *American Journal of Public Diplomacy and International Studies* (2993-2157), 1(9), 147-152.
26. 23. Турсунов, Б. Ж. (2021). Анализ методов утилизации отходов нефтеперерабатывающей промышленности. *Scientific progress*, 2(4), 669-674.
27. Jalolov, T. S. (2024). РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В САМОДВИЖАЩИХСЯ РОБОТАХ. *Methods of applying innovative and digital technologies in the educational system*, 1(2), 1-7.