INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCHERS
ISSN: 3030-332X Impact factor: 8,293 Volume 8, issue 2, November 2024
https://wordlyknowledge.uz/index.php/IJSR worldly knowledge
Index: google scholar, research gate, research bib, zenodo, open aire.
https://scholar.google.com/scholar?hl=ru&as_sdt=0%2C5&q=wosjournals.com&btnG
https://www.researchgate.net/profile/Worldly-Knowledge
https://journalseeker.researchbib.com/view/issn/3030-332X

ОБ ОДНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОБЛАКО

И. З.Меражов
Азиатский международный университет
Преподаватель кафедры «Общетехнические науки»

Аннотация:В этой статье обсуждается одна гидродинамическая математическая модель облока разработанная с помощью искусственного интеллекта.

Атмосферная гидродинамика изучает движение воздуха в атмосфере, применяя прин- ципы гидродинамики к атмосферным процессам. Это включает анализ ветров, цир- куляции, образование облаков и другие явления, влияющие на климат и погоду.[1].

Математические модели формирования дождя в облаках включают уравнения, описывающие физические процессы в атмосфере. Одна из основных моделей — это теория Купмана, которая объясняет конденсацию водяного пара в капли воды и их последующий рост. Эта теория учитывает параметры, такие как насыщенность воздуха водяным паром, размеры частиц, температура и давление.

Другие модели включают учет электрических зарядов в облаках, влияние ядер- ных частиц на образование капель, и различные параметры, характеризующие мик- рофизику облаков. Эти модели помогают понять и предсказывать условия для об- разования дождя в атмосфере.

Электрические заряды в облаках играют важную роль. Модели учитывают элек- трическую активность, приводящую к образованию заряженных частиц внутри об- лака. Электрические силы могут влиять на коагуляцию капель, и это в свою очередь может повлиять на процессы образования дождя. Весь этот комплекс взаимодейству- ющих факторов требует сложных математических моделей для полного понимания и прогнозирования динамики облаков и осадков.

Моделирование электрических зарядов в облаках включает систему уравнений, описывающих процессы электрической активности в атмосфере. Одним из основных уравнений является уравнение неравновесного распределения заряда, описывающее, как заряд распределяется между частицами в облаке.

Дополнительно, модели могут включать уравнения, описывающие зарядовые дис- социации, коагуляцию частиц и электрическое взаимодействие между ними. Эти уравнения взаимодействуют с уравнениями, описывающими гидродинамические и термодинамические процессы в атмосфере, чтобы создать комплексную модель об- разования дождя в электрически активных облаках.

Уравнения гидродинамики с учетом объемного заряда могут быть расширени- ем обычных уравнений Навье-Стокса для несжимаемого ионизированного газа. Эти уравнения будут включать дополнительные члены, связанные с электрическим по- лем и объемным зарядом.

1. Уравнение непрерывности:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) = 0$$

2. Уравнение движения:

INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCHERS
ISSN: 3030-332X Impact factor: 8,293 Volume 8, issue 2, November 2024
https://wordlyknowledge.uz/index.php/IJSR worldly knowledge
Index: google scholar, research gate, research bib, zenodo, open aire.
https://scholar.google.com/scholar?hl=ru&as_sdt=0%2C5&q=wosjournals.com&btnG
https://www.researchgate.net/profile/Worldly-Knowledge
https://journalseeker.researchbib.com/view/issn/3030-332X

$$\rho \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v} = -\nabla p + \mu \nabla^2 \mathbf{v} + \rho \mathbf{g} + \rho \mathbf{E}$$

где: - ρ - плотность газа, - $\mathbf{v}$ - вектор скорости, - p - давление, - μ - динамическая вязкость, - $\mathbf{g}$ - ускорение свободного падения, - $\mathbf{E}$ - вектор электрического поля, - σ

- тензор напряжений.

Добавлены члены, связанные с электрическим полем ($\mathbf{E}$) и объемным зарядом. Также, возможно, потребуется уравнение для электрического поля, например, урав- нение Максвелла:

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho e}{0}$$

где ρ_e - объемный заряд, ε_0 - диэлектрическая проницаемость вакуума.

Для линеаризованного анализа сжимаемой жидкости с учетом объемного заряда можно использовать уравнения Эйлера и уравнение состояния в линеаризованной форме.

Закон сохранения массы:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) = 0$$

Уравнение Эйлера для движения сжимаемой жидкости без учета вязкости имеет вид:

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \nabla)\mathbf{v} = -\frac{\nabla p}{\rho_0} - \frac{\nabla \Phi}{\rho_0} + \frac{\mathbf{E}}{\rho_0}$$

где: - ρ - локальная плотность, - $\mathbf{v}$ - вектор локальной скорости, - p - давление, - ρ_0 - плотность в покое, - Φ - потенциал гравитационного поля, - $\mathbf{E}$ - вектор электрического поля.

Уравнение состояния для сжимаемой жидкости в линеаризованной форме:

$$p = c_s^2 \rho$$

где c_s - скорость звука в среде.

Добавление объемного заряда (ρ_e) может быть выполнено с использованием урав- нения Пуассона:

$$\nabla^2 \Phi = -\frac{\rho e}{\varepsilon}$$

где ε - диэлектрическая проницаемость.

ISSN: 3030-332X Impact factor: 8,293 Volume 8, issue 2, November 2024
https://wordlyknowledge.uz/index.php/IJSR worldly knowledge
Index: google scholar, research gate, research bib, zenodo, open aire.
https://scholar.google.com/scholar?hl=ru&as_sdt=0%2C5&q=wosjournals.com&btnG
https://www.researchgate.net/profile/Worldly-Knowledge
https://journalseeker.researchbib.com/view/issn/3030-332X

Эти уравнения представляют собой основу для линеаризованной модели сжима- емой жидкости с учетом объемного заряда.

Для учета конденсации пара воды в модели с учетом объемного заряда добавим уравнение для изменения концентрации водяного пара. Предположим, что конденса- ция происходит в условиях, близких к термодинамическому равновесию. Также, для упрощения, предположим, что вода находится в насыщенном состоянии при текущей температуре и давлении.

Уравнение для концентрации водяного пара (q):

$$\frac{\partial q}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \nabla) q = Q_{\text{конд}}$$

где: - $Q_{\text{конд}}$ - скорость конденсации.

Теперь модель включает в себя уравнения движения, уравнение непрерывности, уравнение состояния, уравнение Пуассона для электрического потенциала и урав- нение для концентрации водяного пара. Важно отметить, что конкретные формы и параметры уравнений могут зависеть от конкретного контекста и условий исследо- вания.

Давайте линеаризуем добавленное уравнение концентрации водяного пара в мо- дели:

$$\frac{\partial q}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \nabla) q = Q_{\text{конд}}$$

Линеаризация в предположении малых отклонений ($q' \ll 1$)

$$\frac{\partial q'}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \nabla) q' = Q_{\text{конд}}$$

где q' - отклонение от равновесного значения концентрации водяного пара.

Теперь, интегрируя это уравнение по времени, можно получить линеаризованное уравнение концентрации водяного пара в зависимости от времени и пространства.

Линеаризация уравнений движения и уравнения состояния может быть выполне- на при условии малых отклонений от состояния покоя. Предположим, что все пере- менные имеют вид $A = A_0 + A'$, где A_0 - состояние покоя, а A' - малые отклонения.

Линеаризованное уравнение движения:

$$\frac{\partial \mathbf{v}'}{\partial t} + (\mathbf{v}_0 \cdot \nabla)\mathbf{v}' = -\frac{\nabla p'}{\rho_0} - \nabla \Phi' + \frac{\mathbf{E}'}{\rho_0}$$

где: - $\mathbf{v}'$ - отклонение от скорости состояния покоя, - $\mathbf{v}_0$ - скорость состояния покоя, - p' - отклонение от давления состояния покоя, - Φ' - отклонение от

ISSN: 3030-332X Impact factor: 8,293 **Volume 8, issue 2, November 2024**
https://wordlyknowledge.uz/index.php/IJSR worldly knowledge
Index: ***google scholar, research gate, research bib, zenodo, open aire.***
https://scholar.google.com/scholar?hl=ru&as_sdt=0%2C5&q=wosjournals.com&btnG
https://www.researchgate.net/profile/Worldly-Knowledge
https://journalseeker.researchbib.com/view/issn/3030-332X

потенциала гравитационного поля, - $\mathbf{E}'$ - отклонение от вектора электрического поля.

1. Линеаризованное уравнение состояния:

$$p' = c_s^2 \rho'$$

где: - c_s - скорость звука в среде, - ρ' - отклонение от плотности состояния покоя.

Эти линеаризованные уравнения являются результатом ряда предположений о малых отклонениях и предполагают линейные взаимосвязи между переменными.

Добавим линеаризованный вид уравнений непрерывности и уравнения Пуассона для электрического потенциала:

2. Линеаризованное уравнение непрерывности:

$$\frac{\partial \rho'}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho_0 \mathbf{v}') = 0$$

где ρ' - отклонение от плотности состояния покоя.

3. Линеаризованное уравнение Пуассона для электрического потенциала:

$$\nabla^2 \Phi' = -\frac{\rho_e'}{\varepsilon}$$

где Φ' - отклонение от потенциала гравитационного поля, ρ_e' - отклонение от объ-
емного заряда, ε - диэлектрическая проницаемость.

Эти линеаризованные уравнения, вместе с уравнениями движения и состояния, представляют собой комплексную систему уравнений, учитывающих малые откло- нения от равновесного состояния.

Давайте рассмотрим линеаризованное уравнение движения и линеаризованное уравнение состояния для получения волновых уравнений.

1. Линеаризованное уравнение движения:

$$\frac{\partial \mathbf{v}'}{\partial t} + (\mathbf{v}_0 \cdot \nabla)\mathbf{v}' = -\frac{\nabla p'}{\rho_0} - \nabla \Phi' + \frac{\mathbf{E}'}{\rho_0}$$

1. В предположении, что волны малы и распространяются с малой скоростью, мо- жем пренебречь нелинейными членами, получая:

$$\frac{\partial \mathbf{v}'}{\partial t} = -\frac{\nabla p'}{\rho_0} - \nabla \Phi' + \frac{\mathbf{E}'}{\rho_0}$$

2. Линеаризованное уравнение состояния:

ISSN: 3030-332X Impact factor: 8,293 Volume 8, issue 2, November 2024
https://wordlyknowledge.uz/index.php/IJSR worldly knowledge
Index: google scholar, research gate, research bib, zenodo, open aire.
https://scholar.google.com/scholar?hl=ru&as_sdt=0%2C5&q=wosjournals.com&btnG
https://www.researchgate.net/profile/Worldly-Knowledge
https://journalseeker.researchbib.com/view/issn/3030-332X

$$p' = c_s^2 \rho'$$

Подставим p' из уравнения состояния в уравнение движения:

$$\frac{\partial \mathbf{v}'}{\partial t} = -\frac{c_s^2 \nabla \rho'}{\rho_0} - \nabla \Phi' + \frac{\mathbf{E}'}{\rho_0}$$

3. Уравнение для конденсации:

$$\frac{\partial q'}{\partial t} + (\mathbf{v}_0 \cdot \nabla) q' = Q_{\text{конд}}$$

Линеаризуем это уравнение:

$$\frac{\partial q'}{\partial t} = -(\mathbf{v}_0 \cdot \nabla) q' + Q_{\text{конд}}$$

Также, можно интегрировать это уравнение по времени, чтобы получить отклонение концентрации водяного пара в зависимости от времени и пространства.

Уравнение конденсации линеаризованном виде:

$$\frac{\partial q'}{\partial t} = -(\mathbf{v}_0 \cdot \nabla) q' + Q_{\text{конд}}$$

Дальнейшая цель этой работы состоит в том, чтобы составить гиперболическую систему уравнений этой модели облака , и затем провести ряд численных расчётов с целью корректировать эту систему уравнений с реальной ситуацией.

Литература

[1] - Holton, J.R., and Hakim, G.J. (2012). An Introduction to Dynamic Meteorology (5th Edition). Academic Press.

- Wallace, J.M., and Hobbs, P.V. (2006). Atmospheric Science: An Introductory Survey (2nd Edition). Academic Press.

[1] - Emanuel, K.A. (1994). Atmospheric Convection. Oxford University Press.

[2] - Smagorinsky, J. (1963). General Circulation Experiments with the Primitive Equations: I. The Basic Experiment. Monthly Weather Review, 91(3), 99-164.

[3] - Kessler, E. (1969). On the Distribution and Continuity of Water Substance in Atmospheric Circulations. Meteorological Monographs, Volume 10, Number 32.

ISSN: 3030-332X Impact factor: 8,293 Volume 8, issue 2, November 2024
https://wordlyknowledge.uz/index.php/IJSR worldly knowledge
Index: google scholar, research gate, research bib, zenodo, open aire.
https://scholar.google.com/scholar?hl=ru&as_sdt=0%2C5&q=wosjournals.com&btnG
https://www.researchgate.net/profile/Worldly-Knowledge
https://journalseeker.researchbib.com/view/issn/3030-332X

[4] - Thompson, G., Rasmussen, R.M., and Manning, K. (2004). Explicit Forecasts of Winter Precipitation Using an Improved Bulk Microphysics Scheme. Part I: Description and Sensitivity Analysis. Monthly Weather Review, 132(2), 519-542.

[5] - Morrison, H., Curry, J.A., and Khvorostyanov, V.I. (2005). A New Double-Moment Microphysics Parameterization for Application in Cloud and Climate Models. Part I: Description. Journal of the Atmospheric Sciences, 62(6), 1665-1677.

[6] - Skamarock, W.C., et al. (2008). A Description of the Advanced Research WRF Version 3. NCAR Technical Note, NCAR/TN-475+STR.

[7] - Chen, F., and Dudhia, J. (2001). Coupling an Advanced Land Surface–Hydrology Model with the Penn State–NCAR MM5 Modeling System. Part I: Model Implementation and Sensitivity. Monthly Weather Review, 129(4), 569-585.