

ГИПОТЕТИЧЕСКАЯ ВИХРЕДВИЖУЩАЯ СИЛА ИЛИ О РЕАЛИЗАЦИИ ТУРБУЛЕНТНОГО ВИХРЕВОГО ДИНАМО В ТРОПИЧЕСКОЙ АТМОСФЕРЕ

Левина Г.В.^{1,2}

¹*Институт космических исследований РАН, Москва, Профсоюзная ул., 84/32с14
117997, Россия*

²*Межведомственный центр аналитических исследований в области физики, химии и
биологии при Президиуме РАН, Москва, Профсоюзная ул., 65, стр. 6
117342, Россия, e-mail: levina@iki.rssi.ru*

Статья поступила в редакцию 25.12.2018, одобрена к печати 30.01.2018

В обзорной работе (Levina et al., 2000) содержится подробное обсуждение серии исследований 1983–1999 гг., связанных с созданием (1983 г.) и дальнейшим развитием математической модели турбулентного вихревого динамо. Модель, полученная методами теории средних полей (Краузе, Рэдлер, 1984), впервые содержала крупномасштабную неустойчивость в электрически непроводящей среде (гидродинамический альфа-эффект), генерируемую особыми свойствами мелкомасштабной спиральной турбулентности поля скорости. Аналогично модели альфа-эффекта в магнитной гидродинамике такая неустойчивость описывается генерационным слагаемым, полученным в результате осреднения уравнений для турбулентного поля скорости и представляющим собой по физическому смыслу некоторую силу. Однако в отличие от магнитной гидродинамики, где в качестве генерационного слагаемого выступает средняя электродвижущая сила, интерпретация полученного результата в модели гидродинамического альфа-эффекта долгое время вызывала серьезные затруднения. Действительно, появление средней электродвижущей силы объясняется взаимодействием магнитного поля и поля скорости. В случае непроводящей среды полученная гипотетическая сила, назовем ее для определенности, например, «вихредвижущей» силой, должна создаваться только полем скорости. В природе такая сила неизвестна, однако, на основании новых знаний об атмосферной конвекции в тропиках, удалось интерпретировать вихредвижущую силу как параметризацию (Levina, 2018) взаимодействия нескольких эффектов: вращающейся глубокой влажной конвекции (Hendricks et al., 2004), сопровождающейся интенсивным объемным выделением тепла, и вертикального сдвига горизонтального ветра.

Предложенная параметризация позволяет объяснить реализацию турбулентного вихревого динамо в тропической атмосфере.

Работа выполнена при поддержке РФФИ по проекту № 16-05-00551а.

Ключевые слова: турбулентное вихревое динамо, вращающаяся глубокая облачная конвекция, самоорганизация, тропические циклоны

Литература

- Краузе Ф., Рэдлер К.Х.* Магнитная гидродинамика средних полей и теория динамо: Пер. с англ. М.: Мир, 1984. 314 с.
- Hendricks E.A., Montgomery M.T., Davis C.A.* The role of “vortical” hot towers in the formation of tropical cyclone Diana (1984) // *J. Atmos. Sci.* 2004. Vol. 61. P. 1209–1232.
- Levina G.V.* On the path from the turbulent vortex dynamo theory to diagnosis of tropical cyclogenesis // *Open Journal of Fluid Dynamics.* 2018. Vol. 8. P. 86–114.
- Levina G.V., Moiseev S.S., Rutkevich P.B.* Hydrodynamic alpha-effect in a convective system. *Nonlinear Instability, Chaos and Turbulence.* Vol. 2. Adv. Fluid Mech. Series, Debnath L. and Riahi D.N. (Eds.). Southampton: WIT Press, 2000. P. 111–162.

HYPOTHETICAL VORTEX-MOTIVE FORCE OR A REALIZATION OF THE TURBULENT VORTEX DYNAMO IN THE TROPICAL ATMOSPHERE

Levina G.V.^{1,2}

¹*Space Research Institute RAS, Moscow, 117997, Russia*

²*Interdepartmental Center for Analytical Research in Physics, Chemistry and Biology under the Presidium of the RAS, Moscow, 117342, Russia, e-mail: levina@iki.rssi.ru*

Submitted 25.12.2018, accepted 30.01.2019

The review (Levina et al., 2000) contains a detailed discussion of a series of studies of 1983–1999 related to the creation (1983) and the further development of the mathematical model of a turbulent vortex dynamo. The model was obtained by the methods of the mean-field theory (Krauze and Redler, 1984) and for the first time contained a large-scale instability in an electrically non-conducting medium (hydrodynamic alpha effect) generated by the special properties of small-scale helical turbulence of the velocity field. By analogy with the model of the alpha effect in magnetohydrodynamics, such instability is described by a generating term obtained by averaging the equations for the turbulent velocity field and representing a force of some kind in the physical sense. However, unlike the magnetohydrodynamics, where the mean electromotive force acts as the generating term, the interpretation of the result obtained in the model of the hydrodynamic alpha effect caused serious difficulties for a long time. Indeed, the emergence of the mean electromotive force can be explained by the interaction of the magnetic field and the velocity field. In the case of a non-conducting medium, the obtained hypothetical force, for definiteness, let us call it, for example, a “vortex-motive” force, should be created by the velocity field alone. In nature, such force is unknown, but on the basis of new knowledge about atmospheric convection in the tropics, we have been able to interpret the vortex-motive force as a parameterization (Levina, 2018) of the interaction of several effects - rotating deep moist convection (Hendricks et al., 2004), accompanied by intense volumetric heat release, and vertical shear horizontal wind.

The proposed parameterization allows us to explain the implementation of turbulent vortex dynamo in the tropical atmosphere.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (RFBR) under Grant 16-05-00551a.

Keywords: turbulent vortex dynamo, rotating deep cloud convection, self-organization, tropical cyclones

References

- Hendricks E.A., Montgomery M.T., and Davis C.A.* The role of “vortical” hot towers in the formation of tropical cyclone Diana (1984). *J. Atmos. Sci.*, 2004, Vol. 61, pp. 1209–1232.
- Krauze F. and Redler K.Kh.* Magnitnaya gidrodinamika srednikh polei i teoriya dynamo (Mean-Field Magnetohydrodynamics and Dynamo Theory), Moskva: Mir, 1984, 314 p.
- Levina G.V.* On the path from the turbulent vortex dynamo theory to diagnosis of tropical cyclogenesis. *Open Journal of Fluid Dynamics*, 2018, Vol. 8, pp. 86–114.
- Levina G.V., Moiseev S.S., and Rutkevich P.B.* Hydrodynamic alpha-effect in a convective system. *Nonlinear Instability, Chaos and Turbulence*, Vol. 2, Adv. Fluid Mech. Series, Debnath L. and Riahi D.N. (Eds.), Southampton: WIT Press, 2000, pp. 111–162.