

УДК – 530.1
ББК – 22.336

**ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ О НЕКОТОРЫХ
КРУПНОМАСШТАБНЫХ ВИХРЕВЫХ
АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССАХ С
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ
ЯВЛЕНИЯМИ**

Гаюров Хаким Шарифович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информационно-коммуникационных технологий и программирования ТГУПБП (Таджикистан, Худжанд), e-mail: gayrov1964@mail.ru.

**МАФҲУМҲОИ АСОСӢ ОИД БА БАЪЗЕ
РАВАНДҲОИ АТМОСФЕРИИ
ҚАБАТҲОИ КАЛОНҲАҶМ БО
ХОДИСАҲОИ ЭЛЕКТРОМАГНИТӢ**

Гаюров Хаким Шарифович – номзади илмҳои физика-математика, дотсенти кафедраи технологияҳои иттилоотию коммуникатсионӣ ва барномарезии ДДҲБСТ (Тоҷикистон, Хуҷанд), e-mail: gayrov1964@mail.ru.

**GENERAL CONCEPT OF SOME LARGE-
SCALE VORTEX ATMOSPHERIC
PROCESSES WITH
ELECTROMAGNETIC PHENOMENA**

Gayurov Hakim Sharifovich - Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor of the of Information and Communication Technologies and Programming Department under the Tajik State University of Law, Business and Politics, e-mail: gayrov1964@mail.ru.

Ключевые слова: электромагнитные явления, вихревые структуры, ионосфера, электрическое поле, солнечные космические лучи, галактические космические лучи, электрические поля.

Статья посвящена исследованиям электромагнитных процессов внутри крупномасштабных атмосферных вихревых структур. Особое внимание уделено исследованию крупномасштабных вихревых атмосферных явлений. Также изучено увеличение размеров капель (с соответствующим уменьшением отношения их поверхности к объему, играющему роль в механизме трения) с ослаблением механизма разделения зарядов в более плотной среде. Обоснованна совокупность опытных данных, касающихся роли магнитного поля Земли и электромагнитных процессов в ТЦ, роли взаимодействия ТЦ с открытой системой — ионосферой.

Вожаҳои калидӣ: ҳодисаҳои электромагнитӣ, структураҳои гирдоби, ионосфера, майдони электронӣ, шуоҳои кайҳони офтоб, шуоҳои кайҳони галактикӣ, майдонҳои электрикӣ.

Мақола ба омӯзиши равандҳои электромагнитӣ дар дохили сохторҳои гирдоби бузурги атмосфера баҳида шудааст. Ба омӯхтани ходисаҳои атмосфераи гирдоби ҳаҷман калон диққати махсус дода мешавад. Афзоиши андозаи қатраҳо (бо коҳиши мутаносибан таносуби сатҳи онҳо вобаста ба ҳаҷм, ки дар механизми соиши нақи мебозад) ва суст шудани механизми ҷудошави зарядҳо дар муҳити зичтар низ омӯхта шуданд. Маҷмуи маълумотҳои таҷрибавӣ доир ба роли майдони магнитии Замин ва процессҳои электромагнитӣ дар ТС, роли таъсири мутақобилаи ТС бо системаи кушод — ионосфера асоснок карда шудаанд.

Key word: electromagnetic phenomena, vortex structures, ionosphere, electric field, solar cosmic rays, galactic cosmic rays, electric fields.

The article is devoted to the study of electromagnetic processes inside large-scale atmospheric vortex structures. Particular attention is given to the study of large-scale vortex atmospheric phenomena. An increase in droplet size (with a corresponding decrease in the ratio of their surface to volume, which plays a role in the friction mechanism) and with a weakening of the charge separation mechanism in a denser medium were also studied. A set of experimental data concerning the role of the Earth's magnetic field and electromagnetic processes in the TC, the role of the interaction of the TC with an open system, the ionosphere, is substantiated.

В последние годы все большее внимание уделяется исследованиям электромагнитных процессов внутри крупномасштабных атмосферных вихревых структур, таких, например, как ураганы. Это связано, в

первую очередь, с необходимостью уточнения понимания энергетики подобных образований, особенно на фазе их зарождения, а также улучшения качества моделирования критических процессов в атмосфере Земли. Об интенсивности электромагнитных явлений внутри ураганов свидетельствует, например, тот факт, что электромагнитные квазистационарные и переменные поля, обусловленные этими явлениями, зарегистрированы с помощью спутниковых измерений даже в верхней ионосфере. На периферии ураганов при ракетном зондировании обнаружены также вариации электронной плотности в нижней ионосфере.

Воздействие ураганов на ионосферу связано прежде всего с наличием пространственного заряда в его верхней части $\sim 4.4 \times 10^7$ Кв, и генерацией электрического поля исключительно высокой интенсивности (порядка сотен киловольт, что сравнимо с разностью потенциалов между ионосферой и поверхностью Земли (от 250 до 450 кВ). Электрические поля такой интенсивности, обусловленные облачными структурами размерами порядка 200—500 км, могут проникать в ионосферу и создавать там неоднородности различных масштабов.[1—3]

Генерация электрического поля связана с процессами электризации грозовых облаков, в результате которой происходит разделение зарядов. Для электризации облака необходимо выполнение двух условий: наличие положительных и отрицательных ионов, а также эффективного механизма разделения зарядов. Основными причинами ионизации атмосферных газов являются энергичные частицы различного происхождения, галактические космические лучи (ГКЛ) солнечные космические лучи (СКЛ) и высыпание энергичных частиц из радиационных поясов Земли. Создание электрических зарядов может происходить также в результате интенсивно идущих внутри циклонов процессов испарения конденсации влаги.

Электромагнитные явления повсеместно распространены в окружающем нас мире. Выразительным примером здесь служит электрическая активность, проявляющаяся в кризисных атмосферных явлениях. Среди подобных атмосферных явлений наиболее впечатляющими по масштабам являются ураганы, тайфуны или тропические циклоны (которые мы будем в дальнейшем именовать ТЦ). Настоящая работа в основном и посвящена исследованию этих крупномасштабных вихревых атмосферных явлений.

Напомним, что же представляют собой ТЦ. По высоте их размеры достигают 20 км (в среднем – 16 км). Размеры по горизонтали зависят от географического положения: в Атлантике диаметр ураганов составляет от 200 км до 900 км (в среднем диаметр – 600 км), а в Тихом океане диаметр тайфунов составляет от 600 км до 2000 км (средняя величина – 900 км). Глаз тайфуна имеет горизонтальный размер от 5 км до 50 км (но бывает и до 150 км), толщина облачной стены глаза ТЦ порядка 20 км. В глазе тайфуна воздух совершает нисходящее движение и нагревается. На нижних (по высоте z) уровнях воздух с периферии движется к глазу тайфуна и в окрестности стены глаза совершает восходящее движение. В нижней части ТЦ обычно наблюдается циклоническое движение, которое на уровнях $P < 150$ гПа сменяется антициклоническим движением.

Систематическим исследованием природы ТЦ, пыльных дьяволов и торнадо (или смерчей) занимаются уже более 160 лет и во многих странах мира на эти цели тратятся огромные силы и достигнут значительный прогресс в данной области исследования [4–6] (например, определение ряда необходимых условий для процесса интенсификации ТЦ) хотя ситуация остается далекой от создания исчерпывающей алгоритмической теории [7].

При этом, в основном, развиваются гидродинамические теории. Однако, несмотря на возможности краткосрочного угадывания траекторий, они пока не способны дать ответ на ряд ключевых вопросов, касающихся механизмов зарождения и интенсификации ТЦ, поддержания их стационарной фазы, наличия географической, временной, частотной и других асимметрий. Возможно, вследствие излишней специализации в науке целый комплекс явлений (а именно электромагнитные явления), наблюдаемых в ТЦ, остается без должного внимания специалистов в области ТЦ. В то же время, например, экспериментальные наблюдения свидетельствуют о наличии протяженных заряженных областей в структуре ТЦ и сильных электромагнитных полей в области ТЦ и торнадо. Во всех подобных явлениях можно усмотреть механизм воспроизводства заряженных частиц посредством трения. Даже в явлении иной природы, таком как пылевые бури, имеет место интенсивная генерация зарядов на пылинках при их трении друг о друга. По-видимому, трение льдинок друг о друга играет большую роль в снежных смерчах и смерчах, образующихся иногда между облаками. Большое количество воды, втянутое смерчем, гасит его. Возможно, это связано с увеличением размеров капель (с соответствующим уменьшением отношения их поверхности к объему, играющему роль в механизме трения) и с ослаблением механизма разделения зарядов в более плотной среде.

В ряде явлений присутствует явный механизм образования ионов: например, смерчи случаются над мощными пожарами или при извержениях вулканов (в этих случаях смерчи привязаны к

конкретному источнику поддержания ионов и быстро разрушаются, как только теряется с ним контакт).

Ранее проведенные оценки [4,5] доказывают важную роль электрических сил в подтоке к оси, в левитации частиц, то есть в организации восходящих потоков и облачной структуры. С магнитной силой ситуация сложнее — она намного меньше остальных существующих сил. Хотя на самом деле общепринятое простое сравнение сил в физике может помочь для выяснения характера процессов только на небольшом линейном участке. Понять это можно на простом примере. Пусть точная сила, вызывающая заданное поведение системы есть f_0 . Ничего не изменится, если к этой силе будет добавлено любое число N иных сил f_i , сколь угодно больших по абсолютной величине, лишь бы сумма их всех давала ноль. На самом деле природа всегда скрывает от нас эту единственную точную силу f_0 , а проявляет для нас сразу все подобные силы в некоторых комбинациях:

$$F1 + F2 + \dots + Fn, \text{ где} \\ F1 = f0 + f1 + \dots + fj, \dots, Fn = fk+1 + \dots + fN.$$

Естественно, что сопоставление между собой сил $F1$ не имеет отношения к поиску точного выражения f_0 . Конечно, если бы мы знали точные аналитические выражения сил $F1$, то в математике разработаны строгие процедуры линеаризации. Однако, во-первых, для ТЦ мы не знаем точных выражений для всех сил. Во-вторых, многие процессы в ТЦ носят существенно нелинейный характер. И, наконец, вопрос можно переформулировать по-другому.

Уравнения гидродинамики содержат в себе реализацию любого наперед заданного процесса (при соответствующих начальных и граничных условиях).

Уж если при отсутствии "направленных" сил система может перейти в состояние ТЦ, то, как меняется вероятность перехода именно к интересующему нас состоянию ТЦ при действии сил, целенаправленно осуществляющих такой переход (то есть сил, "в бесконечное число раз больших", чем ноль!)? Кроме того, надо учесть, что всегда существуют временные и пространственные масштабы, для которых иногда происходят локальные нарушения выбранных нами (даже самых строгих и корректных) приближений. На этих малых участках фазовых траекторий происходит систематический тренд состояния под действием "целенаправленных" сил. Таким образом, в общем нелинейном случае пренебрежение "целенаправленными" силами законно только в том случае, если интегральный эффект от их действия за время существования данного процесса мал по сравнению с реально наблюдаемыми проявлениями исследуемого процесса. С этой точки зрения учет магнитных сил также необходим, так как они участвуют в формировании и поддержании четко фиксированной структуры ТЦ. На самом деле при обычном гидродинамическом описании "скрытым образом" все равно всегда задается направление развития системы (либо через искусственное задание большой начальной завихренности, либо задавая желаемый вид искомого решения). Однако, если этот ключевой момент уже задан "вручную", то что, спрашивается, мы ищем?

Хотелось бы найти именно физический механизм, ответственный за переход к ТЦ и поддержание его структуры.

Выполненная работа ни в коем случае не претендует на полное замещение существующих развитых теорий, а, скорее, дополняет их исследованием еще одной грани этих сложных атмосферных явлений. Так, если подходить к проблеме образования ТЦ с точки зрения концепции самоорганизации [6–7], то необходимо выполнить дополнительные исследования влияния электромагнитных сил на характеристики флуктуаций и их модуляцию в пределах ТЦ.

Процессы в ионосфере могут оказывать самое активное влияние на тайфуногенез. Должно наблюдаться и взаимно обратное явление — отклики данных атмосферных процессов в ионосфере [3]. Известно, например, что над областями интенсивного тайфуногенеза наблюдаются долгоживущие структуры ("Электромагнитные Явления", Т.5, №1 (14), 2005г.) т.е., обнаруживаемые по изменениям концентрации озона и др. Раскрытие роли энергообмена ТЦ с открытой системой, ионосферой, требует дополнительного исследования. Для этого также необходима систематизация наблюдательных данных.

Можно выделить, основные результаты, полученные в данном исследовании, которое состоит из следующих пунктов:

- совокупность опытных данных (не включенных в общепринятые развиваемые направления), касающихся роли магнитного поля Земли и электромагнитных процессов в ТЦ, роли взаимодействия ТЦ с открытой системой — ионосферой;
- исследован вклад электромагнитных сил в характеристики спиральности в ТЦ;
- построена упрощенная модель квазистационарной фазы ТЦ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Burke W.J., Aggson T.L., Maynard N.C. et al. Effects of a lightning discharge detected by the DE-2 satellite over Hurricane Debbie // *J. Geophys. Res.* 2002. V. 97. P. 6359–6367.
2. Исаев Н.В., Сорокин В.М., Чмырев В.М., Серебряко/ ва О.Н. Электрические поля в ионосфере, связанные с морскими штормами и тайфунами // *Геомагнетизм и аэронавтика.* 2012. Т. 42. № 5. С. 670–675.
3. Sorokin V.M., Isaev N.V., Yaschenko A.K. et al. Strong DC electric field formation in the low latitude ionosphere over typhoons // *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.* 2015. V. 67. P. 1331–1342.
4. Ванина/Дарт Л.Б., Покровская И.В., Шарков Е.А. Исследование взаимодействия нижней экваториальной ионосферы с тропическими циклонами по данным дистанционного и ракетного зондирования // *Иссл. Земли из космоса.* 2017. № 2. С. 19–27.
5. Bering III E.A., Few A.A., Benbrook J.R. The Global Electric Circuit // 2000. *Physics Today.* V. 51. № 10. P. 24–30.
6. Hegai V.V., Kim V.P., Illich/Svitych P.V. The formation of a cavity in the nighttime midlatitude ionospheric Eregion above a thundercloud // *Planet. Space Sci.* 2014. V. 38. P. 703–707.
7. Пулинец С.А., Хегай В.В., Боярчук К.А., Ломоносов А.М. Атмосферное электрическое поле как источник изменчивости ионосферы // *Успехи физ. наук.* 1998. Т. 41. № 5. С. 515–522.
8. Pulinets S.A., Boyarchuk K.A., Hegai V.V. et al. Quasielectrostatic Model of Atmosphere–Thermosphere–Ionosphere Coupling // *Adv. Space Res.* 2010. V. 26. № 8. P. 1209–1218.

LITERATURE

1. Burke W.J., Aggson T.L., Maynard N.C. et al. Effects of a lightning discharge detected by the DE-2 satellite over Hurricane Debbie // *J. Geophys. Res.* 2002. V. 97. P. 6359–6367.
2. Vanina/Dart L.B., Pokrovskaya I.V., Sharkov E.A. Investigation of the interaction of the lower equatorial ionosphere with tropical cyclones according to remote and rocket sounding data, *Issl. Earth from space.* 2017. No. 2. P. 19–27.
3. Sorokin V.M., Isaev N.V., Yaschenko A.K. et al. Strong DC electric field formation in the low latitude ionosphere over typhoons // *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.* 2015. V. 67. P. 1331–1342.
4. Vanina/Dart L.B., Pokrovskaya I.V., Sharkov E.A. Investigation of the interaction of the lower equatorial ionosphere with tropical cyclones according to remote and rocket sounding data, *Issl. Earth from space.* 2017. No. 2. P. 19–27.
5. Bering III E.A., Few A.A., Benbrook J.R. The Global Electric Circuit // 2000. *Physics Today.* V. 51. № 10. P. 24–30.
6. Hegai V.V., Kim V.P., Illich/Svitych P.V. The formation of a cavity in the nighttime midlatitude ionospheric Eregion above a thundercloud // *Planet. Space Sci.* 2014. V. 38. P. 703–707.
7. Pulinets S.A., Khegay V.V., Boyarchuk K.A., Lomonosov A.M. Atmospheric electric field as a source of ionospheric variability. *Usp. Phys. Sciences.* 1998. V. 41. No. 5. P. 515–522.
8. Pulinets S.A., Boyarchuk K.A., Hegai V.V. et al. Quasielectrostatic Model of Atmosphere–Thermosphere–Ionosphere Coupling // *Adv. Space Res.* 2010. V. 26. № 8. P. 1209–1218.