

УДК 519.63:[533.6:517.95:532.529:536.24]



Высикайло Ф.И.

Новая 3D концепция усиления кумулятивных структур (КС) в катастрофах Часть II. 3D структурная турбулентность с кумулятивными струями. «Квазикуперовские» бициклоны и трансформация в них энергии¹

Высикайло Филипп Иванович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Технологический институт сверхтвёрдых и новых углеродных материалов» (Троицк, Россия).
E-mail: filvys@yandex.ru

Из-за вращения противоположно направленных циклонических и антициклонических потоков они профилем внешнего давления фокусируются в устойчивый бициклон Высикайло с глазом аттрактора с пониженным давлением. В глаз из-за пониженного давления и сил гравитации, свободно обваливаются верхние слои атмосферы (планет, звезд и т.д.), формируя кумулятивную струю. Противоположно направленные потоки в сопряжённом бициклоне эффективно трансформируют любую внутреннюю и потенциальную энергию в энергию вращения и обмениваются кинетической энергией, импульсом, моментом количества движения, так как **являются** направляющими динамическими **границами друг для друга**. Эти открытые автором явления сопряжения противоположно вращающихся потоков относятся к **структурной 3D турбулентности с кумулятивной струей**. Энергетический 3D механизм функционирования бициклона исследован с помощью теоремы вириала.

Ключевые слова: кумулятивно-диссипативные структуры, диссипативные структуры, кумуляция (фокусировка), диссипация (рассеивание), вращение, тропический циклон, катастрофы, бициклон.

Введение

Ранее нами были рассмотрены положения о формировании, развитии и свойствах конвективных кумулятивно-диссипативных структур (КДС)². При достижении запасённой в среде энергии критического значения в ней формируются топологически сложные 3D КДС с синергетически сопряжёнными противоположно направленными конвективными вращающимися энергомассовоимпульсными потоками (ЭМИП), с различающимися фазовыми состояниями, в частности, в тропических циклонах (ТЦ) с и без паров воды. Эти структуры из двух сопряжённых и вращающихся в противоположном направлении потоков – бициклоны, согласно уравнению Бернулли ($P + \rho V^2/2 = \text{const}$, P – давление газа, ρ – его плотность, V – скорость), из-за движения и вращения частей, в противоположные направления, обеспечивают пониженное давление в области вращающегося циклона. Это приводит к кумуляции ЭМИП, энергетически питающих КДС, разрушающих или трансформирующих окружающую среду, так и к мощному конвективному выносу **модифицированных** ЭМИП с моментом количества движения (МКД), ранее кумулировавших к центру КДС. Бициклоны поэтому выступают конвективными сепараторами и **трансформаторами фокусируемых ЭМИП и свойств среды**, в которой они функционируют. Роль ЭМИП и их границ на бытовом уровне понятны. А вот области, где поведение ЭМИП во многом определяется потенциальными энергиями, **самоформирующимися профилями давлений** или иными барьерами и их интерференцией с центробежными потенциалами и отражающими «зеркалами», остаются малоисследованными. Так, отражающие ЭМИП центробежные зеркала и их влияние на организацию противоположно направленных потоков не рассматривались в работах по турбулентности Колмогоровым, Обуховым или в вихревых течениях Лойцяньским³. Они считали, что только вязкость стирает кумулирующую турбулентность. С помощью теоремы вириала (Клаузиус, 1870) автором проведено исследование архитектуры кумуляции и диссипации ЭМИП в бициклоне и трансформации потенциальных и внутренних энергий в энергию вращения и последующего расплыла воздушных масс, отражающихся от глаза ТЦ. Объяснено пониженное давление в области бициклона. Первыми исследователями интерференции гравитационных и инерционных потенциалов, приводящей к формированию точек либрации и кумуляции ЭМИП, являются Эйлер

¹ Продолжение. Начало см.: Высикайло Ф.И. Новая 3D концепция усиления кумулятивных структур (КС) в катастрофах. Часть I. Самоорганизация КС с кумулятивными струями // *Пространство и Время*. 2012. № 4(10). С. 141-150.

² Высикайло Ф.И. Указ. соч.

³ Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1987. 840 с.

(1767) и Лагранж (1772), открывшие 5 точек либрации (кумуляции) в динамической системе Солнце-Юпитер. Две треугольные точки либрации, открытые Лагранжем, являются центрами аттракторов для формирования КДС (Троянцев – скопления малых тел на орбите Юпитера, открытых в 1906 г.).

1. Анализ ранее предложенных моделей

Критерием верификации моделей и экспериментов следует считать их соответствие друг другу и законам природы (сохранения энергии, МКД и др.). Ряд моделей опасных эко-метеорологических и климатических явлений, используемых метеорологами, грешат в постановках против законов природы. Среди кумулятивных явлений можно выделить подкласс, который содержит в себе процессы кумуляции потока массы. Примеры таких явлений представляют водостоки, торнадо, смерчи и циклоны. В астрофизических условиях к ним относятся коллапс межзвездного облака, аккреция вещества на белые карлики, коллапс вещества при взрыве сверхновой, а также развитие спиральных галактик (ч. 1, рис. 1). Класс таких явлений расширяется, если к ним добавить системы с электрическими токами (электрическими и магнитными полями), например, молнии. Казалось бы это все различные процессы. Однако во всех процессах кумуляции и диссипации можно выявить много общего, например, в архитектуре и упорядоченности конвективных и волновых потоков¹. Различным процессам кумуляции соответствует свое множество процессов, противодействующих кумулятивному воздействию. Такие процессы приводят к упорядоченному рассеиванию всей или части среды, участвующей в кумуляции. Эти процессы и соответствующие им силы можно отнести к диссипативным (рассеивающим). Если обнаружены процессы кумуляции, то следует искать процессы диссипации (распыла). Вот эти interfering два типа конвективных сопряженных процессов, законы по которым они синергетически функционируют, совместно **формируя потенциальную яму** (профиль давления, рис. 2) их энергетические источники, обменные ЭМИП и «зеркала», отражающие и **стратифицирующие** кумулирующие ЭМИП, обеспечивающие синергетизм противоположностей (совместное действие, направленное на общие цели) мы будем исследовать. При дуальном взаимодействии в потенциальной яме возникают колебания, стратификация и силы динамического поверхностного и объёмного натяжения, притяжения и отталкивания (например, центробежного распыла) и кумулятивные струи (вулканы, гейзеры, молнии и др.). Проанализируем систему дуальных 3D процессов в стратифицированной атмосфере.

1.1. Верификация 2D моделей циклонов

Обычно взаимодействие циклона и антициклона рассматривается² как взаимодействие 2D структур (рис. 1 и 2), приводящее к возникновению кумулятивных струй и мощных ветровых потоков с водяными парами и снегом. Аналогии циклонов с волнами Россби³ не объясняют, почему в центре развитого циклона (рис. 3 и ч. 1, рис. 1а) формируется глаз структуры – аттрактора, засасывающего влажные воздушные массы. При этом энергетические источники в таких моделях, не учитывающих синергию внешних источников, энергию гравитации холодных воздушных масс, не способны объяснить кумуляцию влажных тёплых воздушных масс и тем существенно занижают полную энергию развитых циклонов, функционирующих как «квазикуперовские» бициклоны⁴.

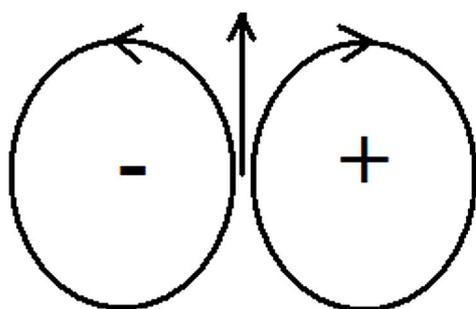


Рис. 1. Взаимодействие 2D циклона и 2D антициклона.

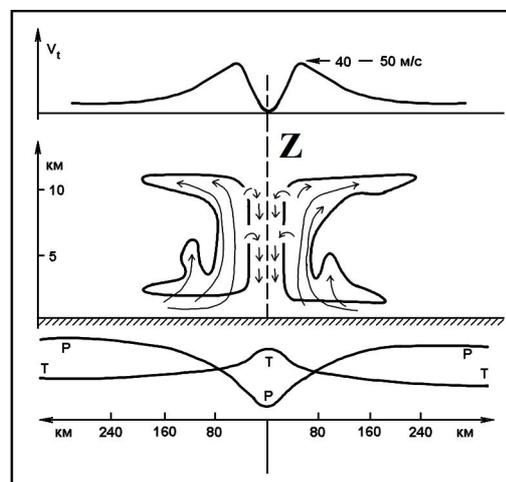


Рис. 2. Схема конвективных 3D потоков в циклоне по Кукалу (1985 г.)

1.2. Верификация 3D моделей циклонов

Модели циклонических 3D потоков сводятся к 2D модели с цилиндрической симметрией, приведенной в работах Кукала (рис.2). Потоки на рис. 2 самосогласованы только с данным сечением циклона. Однако вид сверху на циклон (ч. 1, рис. 1) обнаруживает невозможность из-за сохранения МКД вращающихся относительно оси Z (рис. 2) потоков одновременно сходиться к центру в глазе и одновременно движению их вниз к

¹ Высикайло Ф.И. Архитектура кумуляции в диссипативных структурах. М.: МФТИ и ФГУ ТИСНУМ, Научно-образовательный центр «Физика и химия наноструктур», 2009. 192 с.

² Незлин М.В., Снежкин Е.Н. Вихри Россби и спиральные структуры: Астрофизика и физика плазмы в опытах на мелкой воде. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. 240 с.

³ Кулаков А.В., Румянцев А.А. Введение в физику нелинейных процессов. М.: Наука. 1988. 159 с.

⁴ Высикайло Ф.И. Архитектура кумуляции в диссипативных структурах...

океану или земле. Можно из модели выбросить падающие потоки. Однако скорости воздушных масс, направленные вниз, в области глаза, наблюдаются в исследованиях, представленных на рис. 3. На рис. 3б приведен антициклон над циклоном. Как, в рамках классической физики (второй теоремы Гельмгольца¹), циклон, поднимающийся снизу, переходит в антициклон вверху? Значит, они не переходят друг в друга, а соорганизуются и усиливают друг друга² (рис. 3б), и это следует из 2 теоремы Гельмгольца и вириальной теоремы Клаузиуса.

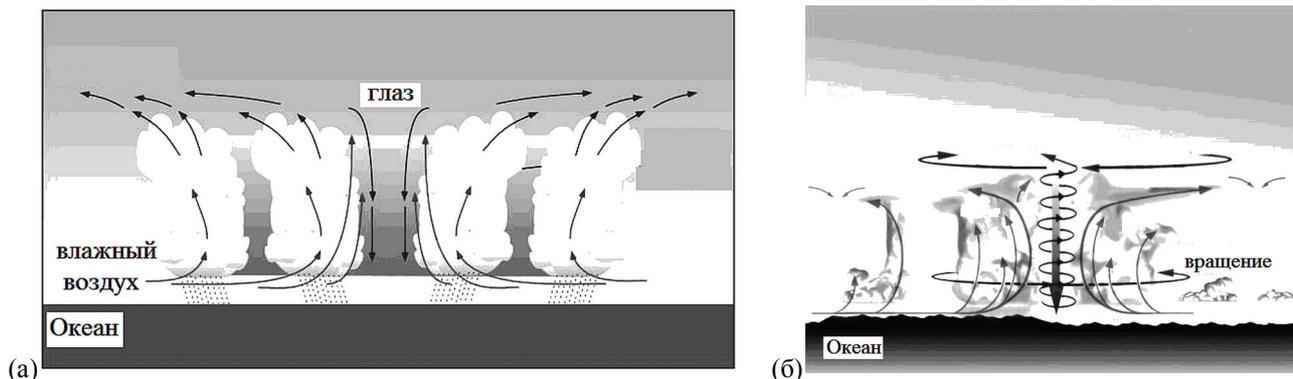


Рис. 3. Схема конвективных 3D потоков в циклонах: а) 2D вертикальное сечение циклонической циркуляции³ и б) 3D схема, иллюстрирующая наблюдение антициклона над циклоном⁴.

2. Структурная 3D турбулентность с кумулятивными струями. Авторская модель «квазикуперовского» 3D бициклона

Для согласования этих «загадочных» явлений (рис. 3б) автором предложена модель⁵ 3D бициклона с общим топологическим зарядом близким, но не равным нулю (ч. 1, рис. 1, 2з). Суть модели «квазикуперовских» бициклонов в микро- и макромирах в самоорганизации и взаимном усилении вкручивающихся друг в друга циклона и антициклона ($p \uparrow, -p \downarrow$). При этом антициклонические течения не переходят в циклонические или наоборот. Их потоки не перемещаются в области циклогенеза, а выступают динамическими стенками, раскручивающими и отражающими друг друга (рис. 4). Стратифицированная 3D структура циклонических потоков играет роль профилей для скользящих по ним потоков антициклонических, а стратифицированная 3D структура антициклонических потоков, соответственно, играет роль крыльев для тёплых более лёгких восходящих циклонических потоков, что и приводит к согласованию МКД двух подструктур. Кумулирующие восходящие и диссипирующие нисходящие потоки совместно («по-братски», поровну – это следует из теоремы вириала, см. п. 4) утилизируют энергию водяного пара и гравитации воздушных масс в энергию согласованного вращения. После отражения от глаза циклона, в энергию радиального распыла переходит вся энергия вращения. Это происходит для отжатых сухих тёплых потоков выше перетяжки, а для холодных воздушных масс из верхних слоёв тропосферы ниже перетяжки (рис. 4б и 4в).



Рис. 4. Спиральная архитектура со-организовавшихся циклонических и антициклонических течений в связанную пару – динамическую «квазичастицу» или «квазикуперовский» бициклон с гипер свойствами. а) и б) виды сбоку, в центре формируется перетяжка циклонических и антициклонических течений, в которой происходит взаимное согласование циклонических и антициклонических течений и формирование кумулятивной струи (КС), обваливающейся с верхних слоёв тропосферы; в) вид конвективных кумулирующих и диссипирующих течений сверху. Циклонические течения формируются внизу, а антициклонические течения опускаются сверху.

Сухие воздушные массы в виде стратифицированного ветра расходятся от центра аттрактора с огромной кинетической энергией радиального расхождения, превышающей энергию радиального схождения, как влажных воздушных масс, так и холодных сухих потоков, падающих в глаз циклона с верхних слоёв тропосферы (10–16 км). Поэтому во

¹ Лойцянский Л.Г. Указ. соч.

² Высикайло Ф.И. Архитектура кумуляции в диссипативных структурах...

³ Pidwiny M. Atmospheric Science. Kevin Vranes, Sjaak Slanina (ed.). The Encyclopedia of Earth. 2010. June 23. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://images.yandex.ru/yandsearch?like=http%3A%2F%2Fwww.rsmas.miami.edu%2Fassets%2Fimages%2Fhurricane-waves%2Fcirculation.jpg&nojs=1&text=hurricane%20circulation&img_url=http%3A%2F%2Fwww.eoearth.org%2Ffiles%2F162401_162500%2F162431%2Ffigure_6.jpg&pos=2&rpt=simage

⁴ University of Miami. The Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rsmas.miami.edu/groups/hurricane-waves/circulation/>

⁵ Высикайло Ф.И. 3D циклоны в нано- и макромирах; Архитектура кумуляции и отражающие зеркала в структурах от фемтодо макромасштабов; Неустойчивость фокусирующейся массы. Международная конф. МСС-09 «Трансформация волн, когерентные структуры и турбулентность» 23–25 ноября 2009 г. Сб. трудов. М.: ЛЕНАРД, 2009. С. 141; 288, 310; 341; 387; 432.

всей области действия циклона давление пониженное, а вокруг – повышенное. Согласно уравнению Бернулли можно оценить понижение давления в бициклоне при известной средней скорости вращения (распыла – V) $\Delta P = \frac{1}{2} \rho V^2$.

Установлено¹, что 2D задача о сходящейся жидкой оболочке с МКД², соответствует 2D задаче Кеплера (рис. 5а).

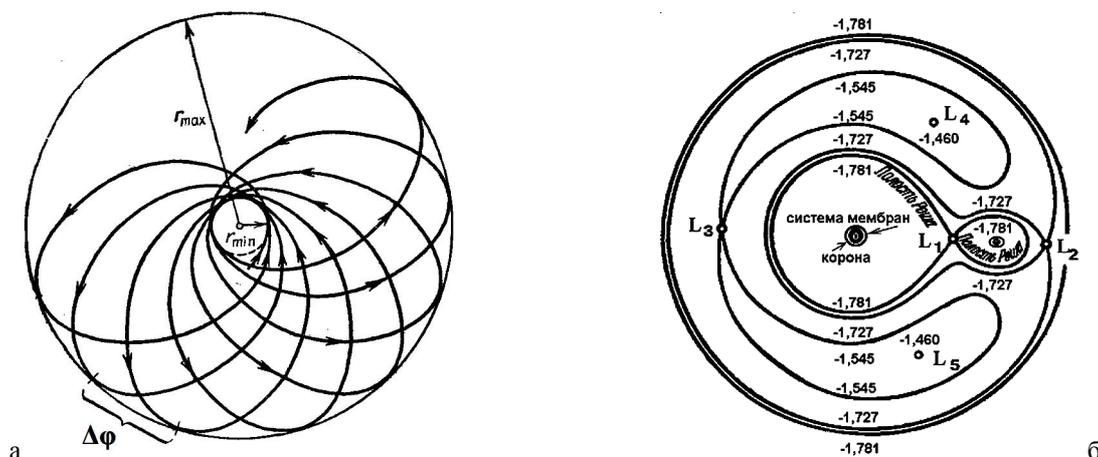


Рис. 5 а) Траектория финитного (ограниченного) движения частицы в центральном силовом поле с потенциальной энергией пропорциональной $U_{c,k} \sim cr^m$ (в задаче Кеплера или Кулона $m = -1$)³. Область с $r < r_{min}$ не доступна для тела из-за действия центробежного «зеркала». Эта область – глаз аттрактора для конвективных потоков с МКД; б) Схема поверхности Роша⁴.

Это позволило автору объединить результаты, полученные Забабахиным при анализе 2D движения сходящейся и вращающейся оболочки с достижениями в исследованиях 2D задачи Кеплера в центральном гравитационном или электрическом полях⁵ и в исследованиях 3D задачи Арцимовича-Лаврентьева⁶ для случая магнитных зеркал – пробоктронов. Эти три задачи обобщены на 3D случай формирования КДС с вращением при падении 3D антициклонических потоков в гравитационном поле по спирали (нисходящая змейка с вращением по часовой стрелке) и при восхождении 3D циклонических потоков (восходящая змейка с обратным вращением по отношению к вращению часовой стрелки). Из объединения и модификации этих трех задач следует, что при структурной турбулентности с вращением и с кумуляцией ЭМИП происходит перетекание **всей энергии системы** (с учетом любой кинетической и потенциальной энергии, питающей энергию схождения или расхождения ЭМИП) в эти новые степени свободы (НСС, например, в энергию вращения). При кумуляции любая внутренняя энергия (E_m), даже термоядерная, **выделяющаяся в кинетическую энергию** частиц потока, в сходящихся вращающихся ЭМИП трансформируется в энергию вращения, а уже потом, при отражении потоков от центробежного «зеркала», переходит в энергию радиального распыла – V_R модифицированных потоков от глаза, к которому они ранее фокусировались со скоростью – V_r . Радиальная скорость распыла из КДС⁷:

$$V_R \approx \sqrt{V_r^2 + 2(gH + E_m)} \quad (1)$$

Со временем с увеличением V_R растёт V_r .

3D тела в гравитационном поле аттрактора, двигающиеся по эллиптическим орбитам, пульсируют и, следовательно, излучают волны (электромагнитные и звуковые). Пульсации обусловлены нелинейностью интерференции сил центробежных ($F_G \sim 1/r^2$) и сил инерции ($F_N \sim 1/r^3$), отражающих от центра кумуляции сходящиеся потоки (пульсирующие между несколькими «зеркалами», разнесёнными в пространстве). Пульсации ЭМИП в 3D циклонах, аналогично, должны приводить к генерации инфразвуковых волн (с частотой $\omega \sim c/L \approx 10^{-3} \text{ с}^{-1}$). Это свойство всех вращающихся метастабильных структур с избыточной энергетикой (рис. 5 и ч. 1, рис. 1, 2, 5). Исследуем, как **вся энергия** и гравитационная, и радиального схождения, и конденсации водяного пара, и таянья льда, переходят **в энергию вращения циклона**.

Рассмотрим: 1) тропический циклон (ТЦ) и 2) задачу об аккреции массы на квантовую звезду в тесной двойной системе звезд. Формирование вращающихся спиральных пульсирующих структурированных бициклонов в этих случаях эффективно согласовывает МКД двух подструктур (циклонической и антициклонической) и тем обеспечивает усиление, как процессов кумуляции и трансформации массы, сходящихся ЭМИП с вращением, так и усиление процессов диссипативных, сбрасывающих уже отжатые горячие воздушные массы от центра кумуляции (глаза циклона). При

¹ Высыкайло Ф.И. Архитектура кумуляции в диссипативных структурах...

² Забабахин Е.И., Забабахин И.Е. Явления неограниченной кумуляции. М.: Наука, 1988. 173 с.

³ Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учеб. пособие. В 10 т. Т. 1. Теоретическая механика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. 224 с.

⁴ Шкловский И.С. Звёзды: их рождение, жизнь и смерть. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы. 1984.

⁵ Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Указ. соч.

⁶ Арцимович Л.А. Элементарная физика плазмы. М.: Атомиздат. 1966. 200 с.; Лаврентьев О.А. Предложение О.А. Лаврентьева, отправленное в ЦК ВКП(б) 9 июля 1950 г. // УФН. 2001. Т. 171. № 8. С. 905–907.

⁷ Высыкайло Ф.И. Архитектура кумуляции в диссипативных структурах...; Он же. Архитектура конвективных потоков в диссипативных структурах с ограниченной кумуляцией. Анализ кумулятивных явлений в обобщенных ячейках Бенара // Забабахинские научные чтения: сборник материалов IX Международной конференции 10–14 сентября 2007. Снежинск: Издательство РФЯЦ – ВНИИТФ, 2007. С. 35–36.

этом антициклонические холодные потоки съезжают по циклоническим потокам, как с американской горки (рис. 4а), а циклонические не прямолинейно идут вверх, а двигаются вдоль поверхности Земли и только постепенно вверх (по антициклоническим потокам). Противоположности (циклон и антициклон в одном теле) работают не на уничтожение, а на совместное развитие и усиление друг друга (рис. 4). Их энергии: потенциальная, кинетическая, химическая и, даже, термоядерная (в двойных звездных системах) не рассеиваются хаотически. Они направляются самоорганизующейся средой, с к.п.д. до 100%, на формирование тех или иных «зеркал» (отражающих сходящиеся ЭМИП) и передачу МКД от противоположно направленных ЭМИП. Такие 3D бициклоны (рис. 4) способны кумулировать часть ЭМИП с любым МКД (рис. 3, 4 и ч. 1 рис. 1). Вторая часть ЭМИП расплывается вовне. **Поэтому из-за формирования бициклонов продвижение к ограниченной кумуляции возможно!** Это движение сопровождается возбуждением и усилением НСС (в частности, вращения¹), противодействующих процессу кумуляции. В результате такого противодействия в области перетяжки циклона и циклонические и антициклонические потоки отражаются центробежным потенциалом от глаза циклона и в **глаз циклона проваливаются в свободном падении холодные воздушные массы из верхних слоев тропосферы** (рис. 3б и ч. 1, рис. 2з), которые геометрией циклонических потоков формируются в кумулятивные струи (рис. 4б). В работах² определена архитектура спиральных, эффективных, обобщенных квазикуперовских 3D КДС, одновременно сбрасывающих и самофокусирующих во времени МКД в своих стратифицированных подсистемах. Рассмотрим примеры архитектуры ЭМИП и трансформации энергии при формировании 3D КДС с фрактализующимися ЭМИП, проявляющими себя как **3D структурная турбулентность** (рис. 4).

2.1. Стратифицированные бициклоны в атмосфере Земли

Диаметр ТЦ достигает $D \approx 1000$ км, а по вертикали – $h \approx 12$ км. Размеры не позволят всему теплему воздуху циклона подниматься как единое целое в верхние слои тропосферы. Из наблюдений за поведением ТЦ, установлена их стратификация, заключающаяся в следующем. Теплые влажные воздушные массы поднимаются и фокусируются в области глаза циклона, образуя стратифицированную систему восходящих потоков. Их расчлениют холодные сухие нисходящие воздушные массы, скользящие на их место (рис. 4 и ч. 1, рис.1). В страхе полосы сухого холодного воздуха чередуются с полосами теплого влажного, но вращаются эти полосы в противоположных направлениях, своим давлением согласуя МКД этих двух стратифицированных подструктур в бициклоне.

Блиноподобные структуры, как считается, могут реализовываться отдельно³. Как может отдельный плоский ($h/D \approx 0,01 \div 0,1$) «блин» циклона взлетать, фокусируясь, и почему в этой модели возникает глаз циклона с радиусом $r/D \sim 0,01$ (ч. 1, рис. 1)? Почему в 40-градусную жару вдруг падает снег или град с весом градин в 3 кг? А как могут все время опускаться, расходясь, антициклонические течения с такими же характерными размерам по высоте и ширине? При этом как и что приходит на место уходящих воздушных масс и почему они так быстро нагреваются или охлаждаются в моноциклоне или моноантициклоне, исследователей⁴, отдающих предпочтение волнам Россби, как бы не интересует. Это ошибка при описании циклонов (см. ч. 1, рис. 3б), которая обращает на себя внимание. Волна Россби в принципе не может иметь глаз. Глаз в центре аттрактора может иметь вращающийся бициклон (рис. 3–5а и ч. 1, рис. 1), в котором из-за МКД ни циклонические, ни антициклонические потоки не могут проникать в глаз аттрактора (рис. 5а). В центр аттрактора обваливаются верхние слои тропосферы (рис. 4б, в).

Обобщив задачи Кеплера, Забабахина (о сходящейся вращающейся оболочке) и Лаврентьева-Арцимовича (о магнитных зеркалах) автор доказал⁵, что энергия гравитации антициклонических течений, распространяющихся на высотах 10–12 км, может эффективно (до 100%), из-за кумуляции ЭМИП и вращения воздушных масс, переходить в энергию вращения «квазикуперовского» 3D бициклона при формировании в нем глаза – аттрактора. Усиление и согласование противоположного МКД циклонических потоков антициклоническими течениями происходит во всей области кумуляции потоков в циклон. Особенно усиливается их влияние друг на друга в области перетяжки циклона (рис. 4). Противоположные потоки в развитой квазикуперовской 3D КДС – бициклоне усиливают друг друга и слабо тормозят конвективные потоки друг друга из-за перемешивания. Это возможно из-за структуризации конвективных циклонических и антициклонических потоков и наличия вращения их с противоположными МКД относительно глаза бициклона. Слоистая система или каскад скачков параметров (скорости, температуры, влажности и др.) – вот основная особенность **спиральных стратифицированных биструктур** в КДС с вращением. Разрушая самоорганизующиеся слои можно временно подавить бициклон. Из баланса гравитационной энергии и энергии вращения оценим скорость вращения сухих воздушных масс соорганизующихся в бициклон:

$$V_t \sim (2KHg)^{0,5}, \quad (2)$$

где H – высота бициклона, с которой падает холодный воздух верхних слоев тропосферы, g – ускорение силы тяжести Земли, K – учитывает разность плотностей верхних (ρ_1) и нижних слоев (ρ_0) тропосферы ($\rho_0/\rho_1 \approx 3$). Тангенциальная скорость – V_t , обусловленная гравитационной энергией, может достигать в области перетяжки КДС циклона (для $H = 12$ км) огромного значения, ~ 300 м/с (~ 120 кДж на кг воздуха без учета диссипации). Это более чем в 2 раза больше удельной энергии паров воды во влажном воздухе ~ 50 кДж на кг воздуха и более чем в 20 раз больше удельной энергии плавления льда ~ 5 кДж на кг воздуха. Кумулятивная вязкость по обмену МКД на строго согласованный для циклонических и антициклонических потоков, в таких 3D КДС, из-за кумуляции и глубокого, но стратифицированного, проникновения противоположных потоков друг в друга (рис. 4), может увеличиваться в огромное число раз.

¹ Забабахин Е.И., Забабахин И.Е. Указ. соч.

² Высикайло Ф.И. Архитектура кумуляции в диссипативных структурах...

Высикайло Ф.И. 3D циклоны в нано- и макромирах; Архитектура кумуляции и отражающие зеркала в структурах от фемтодо макромасштабов; Неустойчивость фокусирующейся массы...

³ Незлин М.В., Снежкин Е.Н. Вихри Россби и спиральные структуры...

Кулаков А.В., Румянцев А.А. Введение в физику нелинейных процессов. М.: Наука. 1988. 159 с.

⁴ Там же.

⁵ Высикайло Ф.И. Архитектура кумуляции в диссипативных структурах...; Он же. 3D циклоны в нано- и макромирах...; Архитектура кумуляции и отражающие зеркала...

2.2. Бициклоны и страты в жидкостях и твёрдых породах

Автор полагает, что такие КДС ответственны за катастрофические разрушения на Саяно-Шушенской ГЭС, которые не имеют аналогов по всем показателям, в том числе и по установлению истинных причин этой аварии. Согласно данным Агентства научно-технической информации¹, масса воды, разрушившая плотину, равна $1,6 \times 10^6$ кг, высота плотины – 240 м, следовательно, полная гравитационная энергия разрушения, запасённая в КДС, порядка 1 тонны тротилового эквивалента (тонна тротилового эквивалента – $4,184 \times 10^9$ Дж). Масса энергоблока равна 2578 т. Если он поднялся на высоту 14 м, то потенциальная энергия энергоблока на высоте 14 м равна $E = mgh = 3,5 \times 10^8$ Дж. Таким образом, «к.п.д.» разрушения в части кумулятивной *вращающейся стратифицированной* структуры, поднявшей крышку, менее 10% от полной гравитационной энергии, запасённой во всей КДС, сформировавшейся в момент *последовательного* разрушения ею шпилек, удерживающих крышку. Детализация процессов кумуляции энергии в пульсирующее вращение крышки на Саяно-Шушенской ГЭС требует отдельных экспериментальных исследований и соответствующего анализа *последовательного* разрушения шпилек, удерживающих ранее крышку энергоблока на Саяно-Шушенской ГЭС.

2.3. Бициклоны в астрофизике

Наблюдения тесных двойных звезд (особенно в коротковолновом диапазоне спектра) свидетельствуют о значительном потоке вещества на аттрактор (белый карлик). Это возможно лишь при условии передачи наружным частям диска или донору (обычной звезде) большей доли МКД аккрецирующей плазмы. Последнее требует или огромной величины вязкости – на 9–11 порядков больше молекулярной, или формирования **структурированной турбулентности с кумулятивной струей в центре** (открытой автором²) в аккреционном диске. Ранее в качестве механизма отвода углового МКД рассматривалась не только развитая турбулентность, к которой может привести сильная неустойчивость, но и другие процессы. Главные из них – приливное взаимодействие, спиральные ударные волны, конвекция, ветер от аккреционного диска и джеты (струйные выбросы), перенос углового момента распространяющимися волнами и различные неустойчивости диска – магнитогидродинамическая, параметрическая, бароклинная и др.³. Анализ различных способов передачи МКД показывают, что все перечисленные механизмы встречаются с трудностями при объяснении свойств аттрактивных дисков. Энергия излучения квантовых звезд, согласно наблюдениям⁴, составляет от 6% до 30% от Mc^2 , где M – масса аккреционного диска (ср. $\xi = \Delta U/Mc^2 = 6 \text{ МэВ}/939 \text{ МэВ} \approx 0,6\%$, $\Delta U = 0,6\% Mc^2$ для ядерных реакций в недрах звезд).

Автор считает, что обмен массой в двойных системах, в которых аттрактором является квантовый карлик (звезда с огромной плотностью), а донором обычная звезда, существенную роль играют структуры типа 3D бициклона с структурированными циклоническими и антициклоническими течениями, формирующиеся в точках либрации (т. Лагранжа) L_1 (рис. 5б). 3D структура в точках L_1 , между гравитирующими массами, обменивающимися ЭМИП, аналогична структуре 3D бициклона Высикайло, схема которого рассмотрена на рис. 4 и ч. 1, рис. 2z (Область перетяжки бициклона соответствует точке либрации L_1). В центре такой структуры происходит формирование кумулятивной струи, в которую обваливается масса донора. ЭМИП с донора трансформируются, кумулируются (растёт их плотность), вращаются и передают свой МКД потоку, идущему из белого карлика. В итоге те ЭМИП, которые могут фокусироваться белым карликом, фокусируются в него, с соответствующим малым МКД, а то, что этому мешало, уходит к донору, но уже с большим МКД, соответствующим донору и тем его раздувающего. Такая 3D кумулятивно-диссипативная турбулентность обусловлена сопряжением антициклонических и циклонических потоков, эффективно влияющих на МКД друг друга и тем формирующих единое общее трехмерное кумулятивно-диссипативное тело (с кумулятивной струей), зажатое в общей потенциальной яме (рис. 2–5). При этом аттрактор в двойной звездной системе уменьшается, увеличивая массу и плотность, а донор (репеллор) распухает, так как его масса и средняя энергия электронов уменьшаются в результате обмена вращающимися ЭМИП по схеме – рис. 4. Формирование двойного слоя в плотных звёздах (с плотностью выше атомной), как в атоме, излучающего излишки энергии и греющего поступающие на аттрактор электроны, позволяет объяснить максимальный к.п.д. трансформации гравитационной энергии в энергию излучения, среди всех других объектов во Вселенной. V^5 рассчитаны максимальные значения к.п.д. для трансформации потенциальной и кинетической энергии, падающей на аттрактор массы, при ее аккреции в двойной системе в зависимости от типа аттрактора. Расчёты проводились на базе модели КДС с вращением. Если в двойной системе при аккреции вещества в области точки Лагранжа – L_1 самоформируется 3D бициклон, то вся потенциальная и возможная ядерная энергии аккрецируемого на аттрактор (квантовую звезду) вещества трансформируется в кулоновскую энергию бислоя и затем в энергию электромагнитного излучения. К.п.д. трансформации потенциальной энергии в излучение может быть близким к максимально возможному:

$$\xi = (\Delta U + U_G)/Mc^2 \quad (3)$$

где M – масса вещества, падающего на аттрактор массой M_A и радиусом R_A , ΔU – ядерная энергия, полученная при трансформации этого вещества в вещество аттрактора, $U_G = MM_A G/R_A$ – потенциальная энергия вещества, падающего на поверхность аттрактора, c – скорость света. Согласно (3), ξ для белых карликов с массой близкой к солнечной не превышает 0,6% и достигает 6% для квантовых звезд с плотностью порядка $3 \times 10^{16} \text{ кг/м}^3$, и 30% – для звезд с плотностью $\approx 4 \times 10^{18} \text{ кг/м}^3$. Для черных дыр с плотностью 10^{19} кг/м^3 – $\xi \approx U_G/Mc^2 = M_A G/c^2 R_A \approx 50\%$. С учётом теоремы вириа-

¹ Канарёв Ф.М. Энергетика аварии на СШ ГЭС в вопросах и ответах // Агентство научно-технической информации SciTecLibrary.ru. 2010. 24 февраля. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/10215.html>

² Высикайло Ф.И. 3D циклоны в нано- и макромирах; Архитектура кумуляции и отражающие зеркала в структурах от фемто- до макромасштабов; Неустойчивость фокусирующейся массы... С. 432.

Высикайло Ф.И. Архитектура конвективных потоков в диссипативных структурах...

³ Фридман Ф.М., Бисикало Д.В. Природа аккреционных дисков тесных двойных звёзд: неустойчивость сверхотражения и развитая турбулентность // УФН. 2008. 178. С. 577.

⁴ Там же

⁵ Высикайло Ф.И. 3D циклоны в нано- и макромирах; Архитектура кумуляции и отражающие зеркала...

ла, полученные значения ξ следует разделить на 2, т.е. ξ не превышает 25%. Наблюдение за процессами в двойных тесных системах и циклонами на Земле и на других планетах Солнечной системы, несомненно, даст нам представление о самоорганизации бициклонов с кумулятивными струями или 3D структурной турбулентности Высикайло.

3. Общая схема функционирования бициклона с кумулятивными струями

Наличие в бициклоне стратифицированных друг другом циклонических и антициклонических сопряжённых потоков, согласованно кумулирующих к глазу аттрактора, а затем отражающихся от глаза центробежными силами, позволяют развиваться им и усиливать друг друга, используя огромную энергетику глобальной циркуляции воздушных масс (ч. 1 рис. 2, 3). Как происходит усиление вращения в визуализированном ТЦ и других бициклонических КДС? Структурный динамический эффект профилированных лопастей ветряков, мельниц, флюгеров и др. позволяет трансформировать энергию ветра во вращение, а вращение в электричество и другие типы движения, при применении конусов, шестерёнок или редукторов заднего моста (так вертикальные усилия переходят во вращение в детской игрушке – юле). В реактивных вращающихся турбинах применяется для ускорения структуры энергия топлива – авиакеросина. Роль керосина¹ – «топлива» в ТЦ играют не только пары воды (энергия конденсации водяного пара ~ 90%), но, и даже энергия замерзания воды (~10%). Главным источником энергии в высоких ТЦ и др. бициклонов является гравитационная энергия тяжёлых масс, поднятых над лёгкими массами. В ТЦ в качестве профилированных тел (направляющих лопаток) выступают, как стратифицированные циклонические потоки для направления опускающихся антициклонических потоков, так и антициклонические тела – для поднимающихся циклонических потоков. Вращающийся восходящий винт циклонических потоков способствует «свободному» обвалу вращающихся в противоположную сторону антициклонических потоков верхних слоёв тропосферы. А, вращающийся нисходящий винт антициклонических потоков способствует выдавливанию вверх циклонических потоков. (Чем не принцип работы платоновских вивамов в Атлантиде или обычных вертолётов?) Внешние воздействия на профилированное «тело» ТЦ, состоящее из структурированных «лопаток» и градиенты «топлива» двух типов² приводят к перемещению ТЦ как целого, сидящего в собственной потенциальной яме с профилированным пониженным давлением (рис. 2) и с кумулятивной струей (рис. 3б и 4б), обусловленными кумулятивно-реактивной сопряжённостью противоположностей в бициклоне.

4. Применение вириальной теоремы для описания бициклонов

В 1870 г. Клаузиусом было введено понятие о «вириале». Термин происходит от латинских слов «*vis*», «*viris*» – «сила» или «энергия». Вириал G для ограниченной в пространстве объёмом V системы N точечных частиц определяется как:

$$G = \sum_{k=1}^N (\vec{p}_k \cdot \vec{r}_k)$$

где \vec{r}_k и \vec{p}_k – пространственные вектора координат и импульсов для k -й частицы. Производную по времени от вириала можно записать³:

$$\frac{dG}{dt} = \sum_{k=1}^N (d\vec{p}_k / dt \cdot \vec{r}_k) + \sum_{k=1}^N (\vec{p}_k \cdot d\vec{r}_k / dt) = 2T + \sum_{k=1}^N (\vec{F}_k \cdot \vec{r}_k) \quad (4)$$

Здесь m_k – масса k -й частицы, $\vec{F}_k = d\vec{p}_k/dt$ – полная сила, действующая на частицу, а T – полная кинетическая энергия системы:

$$T = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^N (\vec{p}_k \cdot d\vec{r}_k / dt) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^N (m_k \cdot v_k^2)$$

Усреднение левой части соотношения (4) за период времени $\tau \rightarrow \infty$ (существенно превышающий все характерные процессы кумуляции и диссипации в системе частиц):

$$\langle \frac{dG}{dt} \rangle_\tau = \frac{1}{\tau} \int_0^\tau \frac{dG}{dt} dt = \frac{1}{\tau} \int_0^\tau dG = \frac{G(\tau) - G(0)}{\tau}$$

Откуда при $\tau \rightarrow \infty$ из (4) получим точное решение для частиц в объёме V :

$$2\langle T \rangle_\tau + \sum_{k=1}^N \langle \vec{F}_k \cdot \vec{r}_k \rangle_\tau = 0 \quad (5)$$

Если на частицы действуют потенциальные силы, то согласно уравнениям Ньютона: $\vec{F}_k = -\partial U / \partial \vec{r}_k$. Если потенциальная энергия частиц является однородной функцией m -й степени от всех радиус-векторов \vec{r}_k и имеет вид степенной функции: $U = \alpha \vec{r}_k^m$, где коэффициент α и показатель m – константы. В этом случае силовое слагаемое в (5) задаётся следующим уравнением:

$$\sum_{k=1}^N \langle \vec{F}_k \cdot \vec{r}_k \rangle_\tau = - \sum_{k=1}^N \langle \partial U_k / \partial \vec{r}_k \cdot \vec{r}_k \rangle_\tau = -m \langle U \rangle_\tau \quad (6)$$

Для ньютоновского (гравитационного) или кулоновского взаимодействий $m = -1$ и, следовательно:

¹ Высикайло Ф.И. Архитектура кумуляции в диссипативных структурах...; Он же. 3D циклоны в нано- и макромирах; Архитектура кумуляции и отражающие...; Он же. Архитектура конвективных потоков в диссипативных структурах...

² Высикайло Ф.И. Новая 3D концепция усиления кумулятивных структур (КС) в катастрофах. Часть I. Самоорганизация КС...

³ Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Указ. соч.

$$2\langle T \rangle_\tau = -\langle U \rangle_\tau \quad (7)$$

Поскольку $\langle T \rangle + \langle U \rangle = \langle E \rangle = E$ – полная энергия системы, то для таких взаимодействий $E = -\langle T \rangle$ в соответствии с тем, что при таком взаимодействии движение происходит в конечной области пространства – V лишь при отрицательной полной энергии (Кеплера задача). Результат – уравнение (7) – является замечательно полезным для сложных гравитационных систем, типа Солнечной системы или галактики, чёрных дыр, нейтронных звёзд и белых карликов, а также для атомного ядра, так как выполняется и для электродинамической системы с потенциальными полями, для которых также $m = -1$. Вириальная теорема (ВТ) – уравнение (7) – верна и для квантовых систем. Но она верна и для метастабильных КДС типа бициклона, трансформирующего энергию гравитации в энергию вращения и затем в энергию радиального распыла.

4.1. Парадокс Высикайло-Клаузиуса

Для системы частиц в ограниченном объёме – V , находящихся в кулоновом или гравитационном (ньютоновом) поле с $m = -1$, согласно ВТ, в кинетическую энергию может перейти только $1/2$ часть их потенциальной энергии. Это свойство системы не зависит от геометрии V . Возникает парадокс Высикайло-Клаузиуса (ПВК) между ВТ – (7) и законом сохранения энергии: «А куда девается за время τ вторая половина потенциальной энергии при кумуляции частиц к потенциальному аттрактору? Какова архитектура кумуляции и диссипации ЭМИП в КДС, типа Солнечной системы или циклонов, смерчей, водоворотов, спиральных галактик, атомов? Как в потенциальных полях с показателем $m = -1$ может формироваться точка, из которой после Большого Взрыва (БВ) родилась Вселенная?»

4.2. Решение парадокса Высикайло-Клаузиуса

Решение противоречий теоремы вириала с теорией БВ оставим астрофизикам. Решим ПВК для любых конечномерных 3D КДС. Архитектура кумуляции в КДС – бициклонах рассмотрена автором ранее¹. Кумулирующие ЭМИП фокусируют энергию в ограниченную объёмом V КДС, а диссипирующие из этого объёма ЭМИП выносят кинетическую энергию из ограниченной КДС в окружающую среду. Согласно ВТ – (7), энергия, поступающая в бициклон (в виде «топлива» двух типов) поровну распределяется между кумулирующими в объём V и диссипирующими из него ЭМИП. Поэтому только половина потенциальной энергии при $\tau \rightarrow \infty$ может модифицироваться в кинетическую энергию сфокусированных к аттрактору ЭМИП. Следовательно, бициклонические КДС в гравитационном поле Земли существуют из-за $m = -1$. При $m = -2$ существование бициклонов согласно ВТ невозможно. Согласно ВТ, бициклоны – это свойство КДС с размерами от 10^{-15} м до 10^{26} м в гравитационных и кулоновых полях.

5. Выводы и заключение

На базе модели «квазикуперовского» бициклона Высикайло систематизированы «загадочные» явления, наблюдавшиеся при развитии ТЦ и оставшиеся вне теорий волн Россби и 2D моделей циклонов. Сопряжённые в единое стратифицированное тело – бициклон – циклонические и антициклонические части, согласно теореме вириала Клаузиуса, поровну распределяют кинетическую энергию между собой. Бициклон, согласно уравнению Бернулли, самоформирует собственную потенциальную яму (профиль Р, рис. 2) и поэтому ведёт себя как открытая «квазичастица». В потенциальной яме части, из-за динамической структуризации (геометрии «лопаток»), при кумуляции ЭМИП, эффективно трансформируют все типы энергий (гравитации, паров воды, термоядерную и др.) в энергию вращения противоположностей. Все энергоисточники, при развитии бициклона, обеспечивают увеличение сопряжённого топологического заряда, как скручивающихся в потенциальной яме циклонических частей, так и скручивающихся антициклонических потоков, при близком к нулю топологическом заряде всего бициклона. Впервые показана роль кумулятивных процессов, гравитационного и центробежного потенциалов в формировании 3D структуры при образовании тайфунов. При развитии бициклона скорость кумуляции существенно меньше скорости распыла осушенных в ТЦ ветров. Это связано с трансформацией энергии гравитации и паров воды в энергию вращения противоположностей и затем в кинетическую энергию их радиального распыла, что, согласно уравнению Бернулли, приводит к пониженному давлению в области бициклона (в области глаза ТЦ). В этом разгадка пониженного давления в области ТЦ, кумулирующего конвективные потоки с гравитационной энергией и парами воды (рис. 4). Обычно энергетическим источником ТЦ считается энергия, запасённая в парах воды. В авторской модели, уравнение (1), учитывается энергия гравитации струйных течений (ч. 1, рис. 2 и 3), влияющая на скорость вращения падающих потоков в области перетяжки (рис. 4б и ч. 1, рис. 2в), кроме этого объясняются механизмы: 1) кумуляции тёплых воздушных масс с парами воды; 2) мощного распыла после кумуляции влажных воздушных масс и отжатия паров воды; 3) пониженного давления в области циклона и повышенное давление вне этой области; 4) формирования глаза аттрактора (ТЦ, смерча и др.).

В отличие от диссипативных диффузионных структур Колмогорова – Тьюринга – Пригожина, в которых синергетизм (совместное действие элементов среды) определяются нелинейным взаимодействием диффузий и реакций², в 3D КДС Высикайло профили взаимодействия описываются конвективными кумулятивными и диссипативными процессами и реакциями (трансформации энергии). В отличие от работ Колмогорова и Обухова автором исследована³ архитектура фокусировки ЭМИП в КДС и возбуждение НСС, отражающих сходящиеся 3D потоки и тем ограничивающих кумуляцию, раньше, чем существенными станут процессы вязкости, стирающие 3D турбулентность. В качестве НСС в данной работе и в других работах автора⁴ исследованы вращение, нарушение нейтральности вещества, квантовые свойства элементарных частиц и др. общие синергетические

¹ Высикайло Ф.И. Новая 3D концепция усиления кумулятивных структур (КС) в катастрофах. Часть I. Самоорганизация КС...; Он же. Архитектура кумуляции в диссипативных структурах...; Он же. 3D циклоны в нано- и макромирах; Архитектура кумуляции и отражающие зеркала...

² Там же.

³ Там же.

⁴ Там же.

явления, пронизывающие фемто-, нано-, микро-, мезо- и макромиры. В стратифицированных структурах возбуждение НСС, ограничивающих фокусировку, порождает процессы их диссипации и новые более интенсивные процессы кумуляции ЭМИП и формирование кумулятивных струй. Свободный обвал верхних слоёв воздушных масс, в области глаза формирующегося бициклона, может приводить к формированию взлетающих столбов уже тёплого воздуха из нижних слоёв в верхние слои тропосферы (такие столбы наблюдаются на высоте до 16 км). В жидкостях аналогичные конвективные процессы переноса могут приводить к появлению волн-убийц. Дуальность (бивалентность) и сопряжение конвективных процессов кумуляции (схождения) и диссипации (распыла) обуславливает, в общем случае, неограниченность процессов фокусировки, как сложного иерархического синергетического все пронизывающего турбулентного 3D явления. Развиваемые автором подходы и общая 3D модель структурной турбулентности, с **сопряжёнными** конвективными противоположно направленными вращающимися потоками и с пронизывающими их в глазе аттрактора кумулятивными струями, существенно расширяют научную базу кумулятивной синергетики (науки о совместном действии огромного числа частиц) для описания 3D КДС и «загадочных» кумулятивно-диссипативных турбулентных 3D явлений в зависимости от их размеров от 10^{-16} м до 10^{26} м и их плотностей от 10^{-26} кг/м³ до 10^{18} кг/м³.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арцимович Л.А. Элементарная физика плазмы. М.: Атомиздат. 1966. 200 с.
Artsimovich L.A. (1966). Elementarnaya fizika plazmy. Atomizdat, Moskva. 200 p.
2. Высокый Ф.И. 3D циклоны в нано- и макромирах // Трансформация волн, когерентные структуры и турбулентность. Международная конф. МСС-09. 23–25 ноября 2009 г. Сб. трудов. М.: ЛЕНАРД, 2009. С. 432–437.
Vysokiy Ph.I. (2009). 3D tsiklony v nano- i makromirakh. In: Transformatsiya voln, kogerentnye struktury i turbulentsnost'. Mezhdunarodnaya konf. MSS-09. 23–25 noyabrya 2009 g. Sb. trudov. LENARD, Moskva.
3. Высокый Ф.И. Архитектура конвективных потоков в диссипативных структурах с ограниченной кумуляцией. Анализ кумулятивных явлений в обобщенных ячейках Бенара // Заббахинские научные чтения: сборник материалов IX Международной конференции 10–14 сентября 2007. Снежинск: РФЯЦ – ВНИИТФ, 2007. С. 35–36.
Vysokiy Ph.I. (2007). Arkhitektura konvektivnykh potokov v dissipativnykh strukturakh s ogranichennoy kumulyatsiei. Analiz kumulyativnykh yavlenii v obobshchennykh yacheikakh Benara. In: Zababakhinskie nauchnye chteniya: sbornik materialov IX Mezhdunarodnoi konferentsii 10–14 sentyabrya 2007. RFYaTs – VNIITF, Snezhinsk. Pp. 35–36.
4. Высокый Ф.И. Архитектура кумуляции в диссипативных структурах. М.: МФТИ – ФГУ ТИСНУМ, Научно-образовательный центр «Физика и химия наноструктур», 2009. 192 с.
Vysokiy Ph.I. (2009). Arkhitektura kumulyatsii v dissipativnykh strukturakh. MFTI – FGU TISNUM, Nauchno-obrazovatel'nyi tsentr «Fizika i khimiya nanostruktur», Moskva. 192 p.
5. Высокый Ф.И. Архитектура кумуляции и отражающие зеркала в структурах от фемто- до макромасштабов // Трансформация волн, когерентные структуры и турбулентность. Международная конф. МСС-09. 23–25 ноября 2009 г. Сб. трудов. М.: ЛЕНАРД, 2009. С. 141–146.
Vysokiy Ph.I. (2009). Arkhitektura kumulyatsii i otrazhayushchie zerkala v strukturakh ot femto- do makromasshtabov. In: Transformatsiya voln, kogerentnye struktury i turbulentsnost'. Mezhdunarodnaya konf. MSS-09. 23–25 noyabrya 2009 g. Sb. trudov. LENARD, Moskva. Pp. 141–146.
6. Высокый Ф.И. Новая 3D концепция усиления кумулятивных структур (КС) в катастрофах. Часть I. Самоорганизация КС с кумулятивными струями // Пространство и Время. 2012. № 4(10). 141–150.
Vysokiy Ph.I. (2012). Novaya 3D kontseptsiya usileniya kumulyativnykh struktur (KS) v katastrofakh. Chast' I. Samoorganizatsiya KS s kumulyativnymi struyami. Prostranstvo i Vremya. N 4(10). Pp. 141–150.
7. Заббахин Е.И., Заббахин И.Е. Явления неограниченной кумуляции. М.: Наука, 1988. 173 с.
Zababakhin E.I., Zababakhin I.E. (1988). Yavleniya neogranichennoy kumulyatsii. Nauka, Moskva. 173 p.
8. Канарев Ф.М. Энергетика аварии на СШ ГЭС в вопросах и ответах // Агентство научно-технической информации SciTecLibrary.ru. 2010. 24 февраля. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/10215.html>
Kanarev F.M. (2010). Energetika avarii na SSh GES v voprosakh i otvetakh. On: Agentstvo nauchno-tekhnicheskoi informatsii SciTecLibrary.ru. 24 fevralya. URL: <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/10215.html>
9. Кулаков А.В., Румянцев А.А. Введение в физику нелинейных процессов. М.: Наука. 1988. 159 с.
Kulakov A.V., Rumiantssev A.A. (1988). Vvedenie v fiziku nelineinykh protsessov. Nauka, Moskva. 159 p.
10. Лаврентьев О.А. Предложение О.А. Лаврентьева, отправленное в ЦК ВКП(б) 9 июля 1950 г. // УФН. 2001. Т. 171. № 8. С. 905–907.
Lavrent'ev O.A. (2001). Predlozhenie O.A. Lavrent'eva, otpravlennoe v TsK VKP(b) 9 iyulya 1950 g. UFN. T. 171. N 8. Pp. 905–907.
11. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учеб. пособие. В 10-ти т. Т. 1. Теоретическая механика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. 224 с.
Landau L.D., Lifshits E.M. (2007). Teoreticheskaya fizika: Ucheb. Posobie. V 10-ti t. T.1. Teoreticheskaya mekhanika. FIZMATLIT, Moskva. 224 p.
12. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1987. 840 с.
Loitsyanskii L.G. (1987). Mekhanika zhidkosti i gaza. Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit., Moskva. 840 p.
13. Незлин М.В., Снежкин Е.Н. Вихри Россби и спиральные структуры: Астрофизика и физика плазмы в опытах на мелкой воде. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. 240 с.
Nezlin M.V., Snezhkin E.N. (1990). Vikhri Rossbi i spiral'nye struktury: Astrofizika i fizika plazmy v opytakh na melkoi vode. Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit., Moskva. 240 p.
14. Фридман Ф.М., Бисикало Д.В. Природа аккреционных дисков тесных двойных звёзд: неустойчивость сверхотражения и развитая турбулентность // УФН. 2008. Т. 178. С. 577.
Fridman F.M., Bisikalo D.V. (2008). Priroda akkretsiionnykh diskov tesnykh dvoynykh zvezd: neustoichivost' sverkhotrazheniya i razvitaya turbulentsnost'. UFN. T. 178. P. 577.
15. Шкловский И.С. Звёзды: их рождение, жизнь и смерть. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит. 1984. 384 с.
Shklovskii I.S. (1984). Zvezdy: ikh rozhdenie, zhizn' i smert'. Nauka, Gl. Red. Fiz.-mat. lit., Moskva. 384 p.