

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
ОДЕССКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**МЕТЕОРОЛОГИЯ,
КЛИМАТОЛОГИЯ
И ГИДРОЛОГИЯ**

Межведомственный научный сборник Украины

Основан в 1965 г.

ВЫПУСК 38

Одесса
"АстроПринт"
1999

УДК 551.5

Глушков А.В., проф., Амбросов А.В., с.н.с, Хохлов В.Н., доц.
Одесский гидрометеорологический институт

АТМОСФЕРНЫЕ ВОЛНОВОДЫ, ТЕЛЕКОННЕКЦИЯ, ЯЧЕЙКИ ГАДЛЕЯ И БАЛАНС УГЛОВОГО МОМЕНТА

Рассмотрены вопросы методов индикации проявления особо сложных низкочастотных процессов и механизмов формирования атмосферной циркуляции. На основе этих процессов в атмосфере оформляются репеллеры супердолгопериодных колебаний, формирующих основу для климатических изменений и, тем самым, геофизические предикторы для сверхдолгосрочных атмосферных прогнозов.

В практике сверхдолгосрочных атмосферных прогнозов погоды и климата определилась необходимость разработки специальных методов наблюдений за низкочастотными колебаниями неравновесных термодинамических процессов в геосферах. До настоящего времени для индикации таких явлений применяют методы физико-статистического анализа и обработки массового материала обычной гидрометеорологической сети. Однако, эти приемы далеки от стандартизации и в некоторой степени уникальны для каждого из указанных долгопериодных процессов. Поэтому развитие методов мониторинга самих низкочастотных процессов планетарного масштаба по наблюдению за некими суммирующими вклады низкочастотных колебаний геофизическими факторами особо актуальны в долгосрочной синоптике и в теории климатических прогнозов [1-8].

Информационной базой современных сверхдолгосрочных прогнозов может являться как спутниковая информация, так и наблюдения над радиоволноводами, особенно в нижнетропосферных слоях, выполняемые на основе радиотехнических средств анализа пропускания радиоволн в ультракоротковолновом диапазоне[4,5]. Тот и другой методы в своей основе опираются на основной критерий концентрации гидрометеоров в облаках для спутникового зондирования и водяных паров совместно с гидрометеорами для волноводов УКВ диапазона.

На основе того, что любые очаги планетарного масштаба скопления воды в атмосфере, находящейся в трех фазовых состояниях (пар, вода, лед), формируются на основе механики цикло- и фронтогенеза или в линиях конвективной неустойчивости, которые составляют основу процесса синоптических перестроек главным образом в тропических широтах и в антициклонических образованиях, можно ввести некую физико-математическую модель на основе термодинамики и гидромеханики процессов, формирующих эти скопления. К примеру, физика этих

процессов может совпадать с механикой солитона, который имеет долгопериодную основу энергетической подпитки. Механика действия такого солитона, определяющего основные термогидродинамические параметры приводного волновода УКВ, изложена в [4,9]. Но для приподнятого тропосферного волновода УКВ более характерен солитон атмосферного фронта, теория которого изложена в [2,3]

Солитон фронта основан на долговременном существовании и на самостоятельном динамизме фронтального раздела полярного фронта умеренных широт, опоясывающего земной шар. Аналогичные разделы арктического и тропического фронтов имеют несколько менее устойчивую структуру, так как находятся в зоне активного антициклонеза арктического антициклона и субтропического пояса высокого давления, в которых, согласно работам, приведенным в сборнике [11], активны солитоны Россби. Поэтому солитон полярного фронта представляет собой более характерный планетарный ансамбль низкочастотного волнового и вихревого процесса, сопряженный с приподнятым тропосферным волноводом УКВ. Можно также отметить тот факт, что полярный фронт является активным отражателем процесса телеконнекции между ячейками Гаддея и южным процессом на основе Эль-Ниньо и арктическим антициклоном, имеющим гребневые отроги в Сибирский и Канадско-Гренландский антициклоны, которые по всей вероятности имеют структуру солитонов Россби. Эффект телеконнекции изложен в статье С. Филандера, Е. Расмуссена, приведенной в сборнике [12], а также в статье А. Оорта того же сборника.

В работе А. Оорта основное внимание уделено балансу углового момента в планетарных динамических перемещениях воздушных масс, расчет которого выполняется на основе интегрального уравнения (см.[4,12]):

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \int \rho M dV = & \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \int_0^H \int_0^{2\pi} \rho v M d\varphi dz d\lambda + \int_0^H \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \int_0^{2\pi} (p_E^i - p_W^i) \cos \varphi d\varphi dz d\lambda + \\ & + \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \int_0^{2\pi} \int_0^H \tau_0 a \cos \varphi d\varphi d\lambda 2\pi, \end{aligned} \quad (1)$$

где $M = \Omega a^2 \cos^2 \varphi + u a \cos \varphi$ – угловой момент; Ω – угловая скорость вращения Земли; a – радиус Земли; φ – широта ($\varphi_1 - \varphi_2$ – определяют широтный пояс между арктическим и полярным фронтами); λ – долгота; u, v – зональная и меридиональная компоненты скорости ветра; ρ – плотность воздуха; V – весь объем атмосферы в указанном широтном поясе от уровня моря до средней высоты приподнятого тропосферного волновода УКВ – H [4] (А.Оорт применяет $H = \infty$ [12]); $p_E^i - p_W^i$ – раз-

ность давлений на восточных и западных склонах i -ой горы; z – высота над уровнем моря; τ_0 - напряжение трения на поверхности.

Уравнение (1) есть интегральное уравнение относительно углового момента M с ядром ρv (в стационарном варианте левая часть уравнения равна нулю). Функция меридиональной компоненты v непосредственно зависит от вида функции ρ . Функция же u непосредственно введена в неизвестное интегрального уравнения (1). Одновременно u и v связаны с ρ , т.к. поле плотности формирует обе компоненты вектора скорости.

Левая часть уравнения (1) не включает в себя компоненту v , что означает задание априори замкнутого цикла углового момента по меридиану. А. Оорт тем самым вводит цикл углового момента в виде усложненной ячейки Гадлея умеренных широт, в которой замыкание циркуляции Гадлея по величине углового момента происходит не в атмосфере, а переходит в океан и далее в литосферу, и в южном направлении циркуляция Гадлея по угловому моменту происходит через литосферу вплоть до начала цикла подъема воздушных масс в субтропических широтах. Гидросфере в океанах А. Оорт определяет только зональное направление передачи углового момента, так как, по его мнению, океан не способен согласовать свои частоты с атмосферными частотами в циркуляционном цикле баланса углового момента по компоненте v , а только возможно согласование частот по компоненте u .

В моменты соприкосновения с литосферой по А. Оорту, циркуляционная ячейка Гадлея по угловому моменту на севере входит в зону действия арктического фронта, а на момент выхода из литосферы входит в зону действия полярного фронта. Сближение указанных атмосферных фронтов могло бы тогда замкнуть атмосферный цикл баланса по угловому моменту, не вводя в действие океан и литосферу и в одном частотном диапазоне атмосферных колебаний. Естественно, что сближение арктического и полярного фронтов происходит через комплекс взаимосвязанных циклонических циркуляций, осуществляя телеконнекцию южных циркуляций с северными через ячейку Гадлея умеренных широт. Естественно, что тропическая ячейка Гадлея осуществляет телеконнекцию полярного фронта с южным процессом аналогичным механизмом связи тропического и полярного фронтов или тропической ячейки Гадлея с ячейкой Гадлея умеренных широт.

Так как индекс рефракции однозначно связан с полем плотности, то он может являться комплексным, измеримым по УКВ, показателем хода всего процесса телеконнекции [4], как он понимается в ряде работ [12]. Тропосферные волноводы УКВ - приводный и приподнятый - определяют величину P в уравнении (1), хотя верхняя часть циркуляционного кольца ячейки Гадлея не всегда совпадает с уров-

нем приподнятого тропосферного волновода УКВ. Однако, определение положения уровня верхней части ячейки Гадлея по полю скорости или по критерию основного массопереноса может быть конкретизировано эффективным критерием плотности или, что тоже, коэффициентом рефракции [4,5].

С точки зрения физики, цикл баланса углового момента в зонах соприкосновения с гидросферой и с литосферой приобретает сингулярность. Эта сингулярность выявлена через возникновения зон фронтальных разделов и в солитонах типа фронт [1-3]. Тогда ядро уравнения (1) может быть задано в поле плотности функциональным ансамблем комплексного потенциала скорости:

$$w = \bar{v}_\infty z + \frac{1}{2\pi} \sum_{k=1}^n q_k \ln(z - a_k) - \frac{1}{2\pi} \sum_{k=1}^p \frac{M_k e^{\alpha_k i}}{z - c_k} - \frac{i}{2\pi} \sum_{k=1}^m \Gamma_k \ln(z - b_k) \quad (2)$$

и комплексная скорость соответственно будет:

$$v = \frac{dw}{dz} = \bar{v}_\infty + \frac{1}{2\pi} \sum_{k=1}^n \frac{q_k}{z - a_k} - \frac{1}{2\pi} \sum_{k=1}^p \frac{M_k e^{\alpha_k i}}{(z - c_k)^2} - \frac{i}{2\pi} \sum_{k=1}^m \Gamma_k \ln(z - b_k), \quad (3)$$

где w - комплексный потенциал скорости; \bar{v}_∞ - комплексная скорость общего циркуляционного фона (в основном зональная циркуляция); b_k - координаты вихресточников в зоне сингулярности; c_k - координаты диполей в зоне сингулярности; a_k - координаты вихревых точек в зонах сингулярности; M_k - величины моментов указанных диполей; α_k - ориентация осей диполей; Γ_k, q_k - величины циркуляций в вихресточниках и в вихревых точках соответственно.

Тогда ядро интегрального уравнения (3) становится сингулярным типа Коши и Гильберта. Связь поля плотности или индекса рефракции с полем комплексного потенциала (2) или с полем комплексной скорости тривиальна посредством уравнений теории «мелкой воды».

Решение полученного сингулярного интегрального уравнения относительно углового момента, заданного уже регулярной функцией, дает возможность как оценки веса сингулярности в поле углового момента, так и в оценке атмосферного вклада в сам баланс углового момента [4].

Литература.

1. Ефимов В.А., Кивганов А.Ф., Глушков А.В. и др. Прогноз штормов и нажимного ветра по акватории Черного моря// Метеорология, климатология и гидрология, 1998, вып.35, с.3-19.

2. Глушков А.В., Ефимов В.А., Кивганов А.Ф. Моделирование климата как задача взаимодействия триплета солитонов// Метеорология, климатология и гидрология. - 1999. - Вып. 38.
3. Глушков А.В., Ефимов В.А., Кивганов А.Ф. Телескопизированный прогноз атмосферных аномалий на средние сроки // Метеорология, климатология и гидрология. - 1999. - Вып. 38.
4. Глушков А.В., Амбросов С.В. Атмосферный влагооборот и сингулярности в балансе углового момента// Метеорология, климатология и гидрология. - 1999. - Вып. 38.
5. Амбросов С.В. Обобщенный критерий форм циркуляции атмосферы // Метеорология, климатология и гидрология. - 1999. - Вып. 38.
6. Ефимов В.А. Гидродинамический метод прогноза на декаду и месяц. Развитие самообучающихся систем прогноза. Труды ГМЦ СССР, 1987, вып.285, с.3-94.
7. Ефимов В.А. Математическая теория экспериментов по долгосрочному прогнозу динамики атмосферы южного полушария. Труды ААНИИ, 1982, т.385, с.12-115.
8. Ефимов В.А. Математическое моделирование долговременных нестационарных планетарных процессов в системе океан - атмосфера. Труды ААНИИ, т.336, с.275.
9. Кивганов А.В. Гидродинамические и физико-статистические методы анализа и прогноза тропических циклонов и восточных волн над Атлантикой и Тихим океаном. Диссертация. Одесса, 1994.
10. Сфімов В.А., Бойченко Л.Ф. Вологообіг у процесі туманоутворення. Метеорологія, кліматологія і гідрологія, 1995, вип.30, с.57-60.
11. Теоретические основы прогноза погоды на средние сроки. Сборник переводных статей. Л.: Гидрометеоздат, 1979, с.138.
12. Динамика климата. Под ред. Манабе С., Л.: Гидрометеоздат, 1988, с.420.

ATMOSPHERIC WAVEGUIDES, TELECONNECTION, HADLEY CELLS AND ANGLE MOMENT BALANCE

Glushkov A.V., Ambrosov S.V., Khokhlov V.N.

Summary: It's presented the methodical basis for identification of manifestation of the especially complicated low frequency processes and forming mechanisms of atmospheric circulation. On base of these processes in atmosphere there are created the repellers for super-long-periodic vibrations which form a basis for climatic changes and geophysical predictors for super-long-term atmospheric forecast.