

Ивус Г.П., Грушевский О.Н.
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УСТОЙЧИВОГО ГРЕБНЕВОГО БЛОКИРОВАНИЯ
АТМОСФЕРНОГО ВЛАГООБОРОТА НАД АТЛАНТИКО – ЕВРОПЕЙСКИМ
СЕКТОРОМ В СОВРЕМЕННЫХ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ

Введение и постановка задачи.

Известно, что в течение прошлого века наблюдались различные периоды в ходе глобальной температуры, но общий тренд говорит об устойчивой тенденции к ее повышению [5]. Изменения в поле температуры влекут за собой изменения в характере атмосферной циркуляции, которая является определяющим фактором в формировании целого ряда метеорологических элементов.

Исследование таких изменений, в первую очередь, подразумевает определение отклонений в положении и интенсивности основных центров действия атмосферы над конкретным регионом.

В Атлантико-Европейском секторе такими центрами, как известно, являются Исландский минимум, Азорский и Сибирский максимумы, на исследование которых и направлено основное внимание.

На сегодня общепринятый подход [6,7] к этому вопросу состоит в том, что выделены две (положительная и отрицательная) фазы Северо-Атлантического колебания (NAO), которые и определяют особенности атмосферной циркуляции. Так, положительная фаза NAO способствует усилению зональной составляющей переноса, а отрицательная, соответственно, ее ослаблению, что, в свою очередь, задает ориентацию траекторий движения барических образований. Кроме того, проводится сравнение интенсивности Азорского и Сибирского максимумов [2, 5], позволяющее сделать выводы о тенденциях к континентализации или деконтинентализации климата.

Состояние климатической эпохи во многом определяется активностью процессов антициклогенеза [4], которые создают существенные изменения в системе зонального переноса и формируют комплекс погодных условий над большими территориями, одной из важнейших составляющих которого является атмосферный влагооборот.

Поэтому целью статьи является численное моделирование особенностей распределения атмосферного влагооборота в условиях устойчивого гребневого блокирования зонального переноса в Атлантико-Европейском секторе.

Основные материалы исследования.

Теория образования гребневых структур в барическом поле опирается на волновую концепцию Гаурвица-Росби [1], согласно которой волна Росби может стационаризовать, если ее меридиональная амплитуда достигает достаточно большой величины.

Применим, согласно [1], сравнительный анализ параметризации стационарной волны по формуле Гаурвица-Блиновой:

$$\Phi' = C_n^m P_n^m(\cos \theta) \exp \left\{ im\varphi - imt \left[\alpha - 2 \frac{\alpha + \omega}{n(n+1)} \right] \right\}. \quad (1)$$

где $P_n^m(\cos \theta)$ - присоединенный полином Лежандра, определяющий меридиональный профиль волны; θ, φ - дополнение широты и долготный угол; α - угловая скорость зонального переноса; ω - угловая скорость вращения Земли; n, m - зональная и меридиональная проекции волнового вектора. Тогда условие стационарности определено как:

$$\alpha = 2 \frac{\alpha + \omega}{n(n+1)} \quad \text{или} \quad n(n+1) = 2 \frac{\alpha + \omega}{\alpha}.$$

Далее, получаем возможность сравнить параметризацию волны Гаурвица-Блиновой с параметризацией волны солитона Росби, которая представляется в форме:

$$\psi_n = \sum_{\mu=0,1} \exp \left(\sum_{j=1}^N \mu_j \left(\eta_j + i \frac{\pi}{2} \right) + \sum_{1 \leq i \leq j} \mu_i \mu_j A_{ij} \right); \quad (2)$$

где

$$\eta_i = k_i x - \omega_i t + \eta_i^{(0)}; \quad \omega_i = \frac{1}{k_i}; \quad e^{A_{ij}} = - \frac{(k_1 - k_2)^2}{(k_1 + k_2)^2}.$$

μ_i - весовые моды в решении (2), A_{ij} - энергетические спектральные моды;

Сравнительный спектральный анализ формул (1) и (2) позволяет выявить географическую локализа-

цию энергетических вкладов необходимых для перестройки стационарной волны Гаурвица-Блиновой в волновой процесс по типу солитона Росби. Стационарная волна Гаурвица-Блиновой, в отличие от солитона Росби, неустойчива по её положению в географическом пространстве и может смещаться в зональном направлении как на запад, так и на восток. Солитон Росби обычно стационарирует в географическом пространстве и является блоком для процессов западного переноса барических образований в виде циклонов, ложбин и разделяющих их гребней. Поэтому пространственный влагооборот, на основе блокированных влагонесущих барических образований, тоже стационарирует в географическом пространстве и изменяет структуру процесса осадкообразования над конкретной территорией.

Кумулятивное пространственное проникновение гребневых структур в фон текущего синоптического процесса или в структурную схему волн Росби-Блиновой [15] возможно и на основе длительного накопления влаги на больших территориях. Такое явление характерно для типовой формы западной циркуляции, обычной для современной климатической эпохи. При достижении порогового градиента в поле плотности, происходит резкий прорыв компенсирующей массы воздуха в район с избыточным увлажнением, устраняющий увеличенные градиенты в поле плотности. Проникновение гребневых структур при этом происходит на коротких временных интервалах и может привести к стационарированию текущей волны Гаурвица-Росби и далее к существенной перестройке энергетического баланса, вызывающей погодные аномалии.

Стационарировавшая волна Росби в фазе депрессии имеет вид почти круглой формы, а в фазе гребневого отрога имеет размер подошвы почти равный его меридиональной амплитуде. Основным же показателем именно волны Росби будет наличие блокированного циклона правильной геометрической формы. Циклоны обычной циклонической серии смещаются к востоку, но размер гребня может и не создать процесс блокирования циклонической траектории. При незначительном уменьшении длины волны Росби размер соседнего гребня уже будет достаточно большим, и циклоны будут вынуждены обходить его. Получается, что волна Росби фактически смещается к северу в своей циклонической фазе, тогда как ее остаточная гребневая фаза остается в прежнем широтном поясе. В смещенном поясе самой циклонической серии возникают мелкие гребневые перемиčky, поэтому наблюдается эффект образования новой волны Росби, который требует передачи в ее сторону энергоемкости прежней волны, что, однако, возможно только нелинейным процессом. Поэтому перестройка волнового процесса описанным образом возможна только при включении нелинейных механизмов энергообмена.

Стационарная волна Росби может поддержать свое стационарирование, превращаясь в уединенную волну так называемого солитона Росби. Причем этот процесс возможен, в основном, в стадии ее гребневой фазы. В фазе циклона длительное стационарирование волны Росби нарушается процессом фронтогенеза при окклюждении циклона. Сам фронтальный раздел тоже имеет вид уединенной волны, энергетика которой поддерживается скрытой энергией фазовых переходов влагосодержания фронтальной облачности. Следовательно, структура солитонных образований вводится формулами фронта:

$$v_x - iv_y = \frac{df}{dz} = \frac{\Gamma}{2\pi i} \left\{ \frac{1}{z - z_0} + \sum_{k=1}^{\infty} \left(\frac{1}{z - z_0 - kl} + \frac{1}{z - z_0 + kl} \right) \right\}; \quad (3)$$

или в виде вихревых барических образований:

$$w = -\frac{i}{2\pi} \sum_{k=1}^n \Gamma_k \ln(z - a_k).$$

Здесь Γ - циркуляция вокруг диполя; l - расстояние между конвективными облаками; a_k - комплексная координата точки завихренности; z - комплексное число; z_0 - координата центра линии конвективных возмущений;

Эти формулы задают аналитические решения в поле комплексного потенциала скорости. И, если они могут описать солитон, должны также удовлетворять одному из уравнений волны типа солитон. Например, уравнению Картвега де Фриза:

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} - 6\psi \frac{\partial \psi}{\partial z} + \frac{\partial^3 \psi}{\partial z^3} = 0; \quad (4)$$

где ψ - функция тока;

Следовательно, для установления солитонной структуры фронтов, необходим режим отсутствия их энергообмена с окружающим пространством. Однако, главная роль фронтов и состоит именно в привлечении энергозапаса из окружающего пространства для регенерации циклогенеза. Если же фронт поставляет только влагозапас, то последующая активация в нем скрытой энергии и будет внутренней энергоподпиткой фронтальной волны солитонного типа. Такая внутренняя энергоподпитка входит в энергетически независимую структуру фронтального солитона, которая вместе с энергетической солитонной структурой блокирующего гребня и составит энергоцикл блокирования. Значит, для того, чтобы отличить прогрессивную волну Росби-Гаурвица-Блиновой от солитона Росби, необходим совместный анализ фронтального раздела и гребневой структуры.

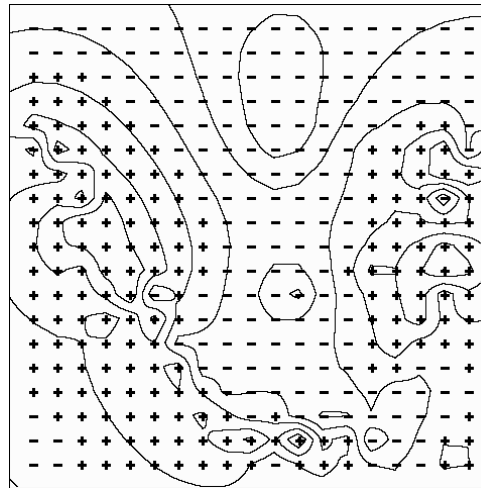
С целью проведения такого анализа, рассмотрим случай блокирования антициклоном зональной траектории движения циклона, наблюдавшийся 11.08.2002г. над территорией Западной Европы. Тогда ано-

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УСТОЙЧИВОГО ГРЕБНЕВОГО БЛОКИРОВАНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВЛАГООБОРОТА НАД АТЛАНТИКО – ЕВРОПЕЙСКИМ СЕКТОРОМ В СОВРЕМЕННЫХ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ

мальные погодные условия, выразившиеся в количестве осадков, значительно превышавших средние нормы, привели к катастрофическим наводнениям на территориях Германии, Австрии и Чехии.

Для численного моделирования атмосферного влагооборота применим методы, описанные в [3]. На рис.1 представлен вид функции тока для синоптической ситуации 11.08.2002г., с учетом коррекции вихревого баланса ситуации.

10° з.д. 75° с.ш. 45° в.д.



40° с.ш.

Рис.1- Функция тока синоптической ситуации 11.08.2002г. после коррекции вихревого баланса.

На рис.2 представлена функция тока процессов, препятствующих образованию солитона. Видно, что она расположена в районе фронтальных разделов, где присутствует волновой процесс, недостающий для вхождения фронтальных разделов в солитон Росби.

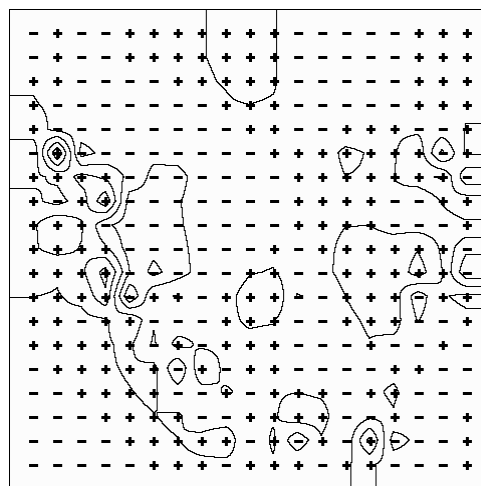


Рис.2 - Функция тока отклонений от структуры солитона Росби для ситуации, приведенной на рис.1 (ориентация и координатная сетка совпадают с рис.1).

Можно отметить и то, что этот недостающий волновой процесс должен обеспечить баланс перемещения воздушных масс вдоль фронтального раздела для устранения массообмена солитона с окружающим пространством. Энергоподпитка солитона за счет влагопереноса и последующей реализации скрытой энергии требует участия фронтов во влагопереносе, поэтому фронтальные разделы все же являются внешним источником энергии в солитоне, а волновой процесс на них носит эпизодический характер и только в периоды своей активности входит в систему солитона.

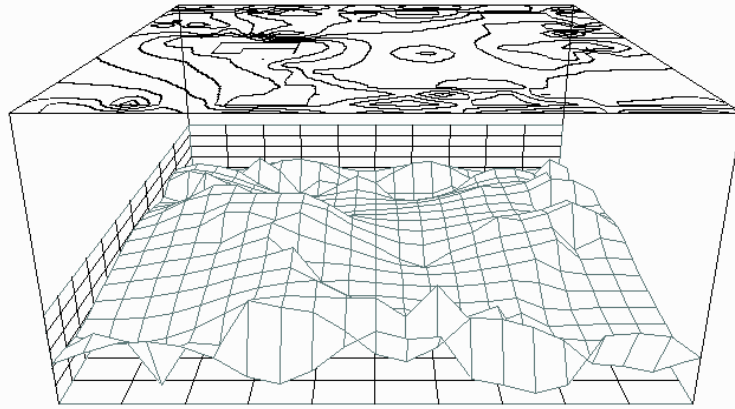


Рис.3 - Функция распределения облачности для 11.08.2002г. (ориентация и координатная сетка совпадают с рис.1).

Естественно, что функция распределения облачности по скоростям вовлечения (рис.3) позволяет получить информацию о локализации процессов конденсации с выделением скрытой теплоты, которые осуществляют энергетическую поддержку солитона, как отдельной волновой структуры.

Стационарирование этой структуры в географическом пространстве как раз и определяется местом реализации скрытой энергии.

Выводы

Результаты численных экспериментов показывают, что для образования волны солитонного типа необходима парная волновая структура на базе волн Росби. Трансформация волны Росби в солитон Росби происходит при наличии в процессе двух равноценных, но противоположных по вращению, вихревых образований. При этом, одному вихревому образованию, например, антициклонического вращения, могут противостоять несколько циклонических вихрей, но в своей сумме равных основному антициклоническому вихрю. Диагноз таких процессов позволит существенно дополнить прогноз синоптических ситуаций блокирования зонального переноса в плане локализации районов с аномальными поступлениями влаги.

Источники и литература

1. Блинова Е.Н. Гидродинамическая теория волн давления, температурных волн и центров действия атмосферы. // Доклад АН СССР. – 1943. – Т.39. – №7. – С.284–287.
2. Гирс А.А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. // Л.: Гидрометеоиздат. – 1971. – 280с.
3. Ефимов В.А., Ивус Г.П., Грушевский О.Н. Учет влагооборота в моделях климата Адема и Блиновой Е.Н. // Культура народов Причерноморья. – 2004. – №51. – С.13-19.
4. Ефимов В.А., Ивус Г.П. О физике антициклогенеза современной климатической эпохи // Труды УкрНИГМИ. – 2002. – Вып.250. – С.78–91.
5. Мартазинова В.Ф., Свердлик Т.А. Изменения крупномасштабной атмосферной циркуляции воздуха на протяжении XX века и ее влияние на погодные условия и региональную циркуляцию воздуха в Украине // Украинский географический журнал. – 2001. – №2. – С.28–34.
6. Bodri L., Cermak V. High frequency variability in recent climate and the North Atlantic Oscillation // Theoretical and applied climatology. – 2003. – V.74. – P. 33–40.
7. Hurrell J.W., Kushnir Y., Visbeck M., Ottensen G. An Overview of the North Atlantic Oscillation. The North Atlantic Oscillation: Climate Significance and Environmental Impact // American Geophysical Union Monograph. – 2003. – V.134. – P. 1–35.

Мамницький В.І., Черваньов І.Г.

УТОЧНЕННЯ АНАЛІЗУ ОПТИЧНОГО ОБРАЗУ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ЧЕРЕЗ УРАХУВАННЯ НЕОРТОТРОПНОСТІ ВІДБИТТЯ

Вступ. Дистанційне оптичне зондування, яке тепер широко здійснюється з аерокосмічних носіїв переважно у цифровому вигляді, є одним з найважливіших засобів дослідження земної поверхні. За його допомогою вирішуються різноманітні завдання в інтересах цілого комплексу землезнавських дисциплін: географії, геології, гідрології, а також сільського, лісового господарства й військової справи. Важливе значення має його використання для моніторингу природних ресурсів та охорони природи.

В Україні дослідження такого спрямування мають певну історію і суттєвий доробок. В роботі [1] представлено огляд стану і перспектив космічних досліджень Землі в нашій країні. Окремою гілкою таких досліджень є вивчення можливостей відтворення рельєфу за його оптичним образом, а також побудови оптичного образу за цифровою моделлю рельєфу (зворотна задача щодо прямої – першої з названих).

Авторами цієї статті понад 20 років тому було запроваджене поняття оптичного образу рельєфу як ві-