

**ГЛОБАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ В АТМОСФЕРНЫХ МОДЕЛЯХ И БАЛАНС  
УГЛОВОГО МОМЕНТА ЗЕМЛИ: КОМПЬЮТЕРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ – III**

*Приведены результаты компьютерных экспериментов на основе новой микросистемной технологии "GeoMath" по моделированию глобальных механизмов в атмосферных низкочастотных процессах, оценке баланса углового момента Земли и эффектов телеконнекции.*

**Ключевые слова:** баланс углового момента, атмосферные модели, телеконнекция

**Введение.** Как подчеркивалось в работах [1,2], развитие методов мониторинга самих низкочастотных процессов планетарного масштаба по наблюдению за некими геофизическими факторами, суммирующими вклады низкочастотных колебаний, особо актуально в современной климатологии [3-15]. В [1] (см. также [2-13]) были изложены принципиальные основы новой микросистемной технологии "GeoMath", в частности с имплементацией новых моделей глобальных механизмов в атмосферных низкочастотных процессах, оценки баланса углового момента Земли и эффектов телеконнекции, а также параметров УКВ радиоволноводов. В [2] был представлен ряд результатов серии компьютерных экспериментов на основе "GeoMath" по моделированию баланса углового момента, роли форм циркуляции в опознавании образа долгопериодного процесса в атмосфере, параметров приподнятых тропосферных УКВ радиоволноводов в качестве комплексного измеримого критерия [5]. В данной работе, продолжающей исследования [2], мы представим некоторые новые результаты компьютерных экспериментов на основе "GeoMath". В практическом плане суть экспериментов была нацелена на обнаружение и апробацию новых предикторов для долгосрочных и сверхдолгосрочных прогнозов низкочастотных атмосферных процессов. Проведенные эксперименты продемонстрировали ценность предложенных и адаптированных нами первых математических моделей расчета в рамках технологии "GeoMath" баланса углового момента, атмосферного влагооборота в связи с генезисом тропосферных УКВ радиоволноводов и процессами преемственности форм атмосферной циркуляции (телеконнекции, фронтогенеза) для целей освоения новых для прогностической практики сенсоров в области долгосрочных прогнозов и моделирования низкочастотных атмосферных процессов.

**Постановка компьютерных экспериментов.** Одна из целей численных реализации состоит, прежде всего, в тестировании и проверке возможностей моделей расчета баланса углового момента, атмосферного влагооборота в связи с генезисом атмосферных УКВ радиоволноводов и процессами преемственности форм атмосферной циркуляции (телеконнекции, фронтогенеза). Ниже приводится детальная блок-схема расчета и оценки изменения высот приподнятого тропосферного радиоволновода, поля функции тока сопряженных с этим процессом ветровых течений. Реализация всех моделей объединяется в единый вычислительный комплекс, позволяющий одновременно отслеживать динамику изменения и пути возможной эволюции характеристик тропосферных УКВ радиоволноводов, проявления и направления атмосферного влагооборота, выполнения баланса и появления разбаланса углового момента атмосферы и связанного с этим переноса углового момента, изменения форм атмосферной циркуляции, их преемственности, а также динамики фронтогенеза и процесса телеконнекции. В дальнейшем предполагается введение в комплекс и балансовых энергетических соотношений. Численные эксперименты выполнялись также с целью дополнения данных измерений, которые были доступны от экспериментов «Беринг» и КЭНЭКС, и получения более объемной информации о приподнятых тропосферных волноводах УКВ (см.

[5,14,16-18]). С этой целью рассчитывался горизонтальный нижнетропосферный влагооборот и соответствующая ему стратификация плотности для расчета высот поверхностей волноводов. Интерес представляла не сама высота, а её изменение во времени на временном интервале существования типовой формы циркуляции. Это изменение может быть наложено на высоту нижнетропосферного волновода, если она известна с предыдущей формы атмосферной циркуляции над Тихим океаном. Однако, именно по высоте тропосферного приподнятого волновода данные малодоступны и опубликованы лишь данные, осреднённые по сезонам или за год. Поэтому изменение высоты приподнятого тропосферного волновода УКВ в зависимости от формы циркуляции над Тихим океаном, полученное из численных экспериментов, можно использовать как дополнительную информацию при изучении преемственности форм циркуляции. Вторым информативным расчётным полем из результатов моделирования было поле течений, формирующихся под поверхностью приподнятого тропосферного волновода. Это поле течений следует рассматривать тоже в виде наложенного фона на поле течений, присутствующее самой форме атмосферной циркуляции. Однако, вес расчётного поля течений в общем ветровом поле достаточно велик, и его всё же надо интерпретировать и понимать как короткопериодное поле, сформированное на атмосферных фронтах и, естественно, превышающее модульные характеристики фонового поля ветров. Первая и вторая из указанных расчётных характеристик могут быть полезны при составлении долгосрочного прогноза, так как помогают опознать саму форму циркуляции и преемственность этих форм по данным натурных измерений как высоты приподнятого тропосферного волновода УКВ, так и данных от зондирования ветровых потоков средствами обычного радиозондирования (и даже шаропилотного зондирования, так как высоты приподнятых тропосферных радиоволноводов не велики), а также данных нефанализа от спутниковой информации о полях облачности и данных доплеровского радиолокатора облачности. Естественно, что в основном доступны прогнозируемые данные нефанализа и их дешифрации на соответствующее им поле ветров, например, по методу, изложенному в [5,17,18]. Расчёты в численных экспериментах проводились также с целью создания некоего макета для опознавания форм атмосферной циркуляции и их преемственности, который может быть применен при подборе гомологов атмосферной циркуляции [5,18]. С этой целью моделировались все формы атмосферной циркуляции над Тихим океаном по типизации Вангенгейма-Гирса (см. [18]) с их отличиями для теплого и холодного полугодия. В основном рассчитывались типовые процессы над Тихим океаном, происходящие при наличии двух фронтов: арктического и полярного. Дополнительно проведен эксперимент и при наличии трех фронтов, включая и тропический фронт, но при форме циркуляции  $M_1$ , поскольку при форме циркуляции 3 тропический фронт не активен в интересующих нас процессах, а при форме  $M_2$  он интересен при изучении процессов в основном в Американском секторе. Входной блок входимых данных, в частности, для параметризации комплексного потенциала и комплексного потенциала скорости, базировался на использовании компилированных данных Джоли, расчетных данных Аракавы в соответствии с моделируемой формой атмосферной циркуляции, результатов [13-18]. Исходными материалами служили также метеонаблюдения, включая судовые наблюдения с 1900 по 1975 гг., данные прибрежных станций в периоды с 1936 по 1975 гг.; использовались также данные аэрологических наблюдений в открытом океане и в прибрежной зоне до 1983 г. Были привлечены также специальные наблюдения- данные экспериментов «Беринг», КЭНЭКС, АМТЕХ (1974, 1975 гг.); использовались также данные климатических и аэроклиматических атласов и справочников (см. [17] и ссылки в ней). Использовались данные по характеристикам тропосферных волноводов, включая индекс рефракции, высоты [2-4]. Характеристики приподнятых радиоволноводов в основном были отсчитаны по данным

зарубежных океанических станций (кораблей погоды). Важным аналитико-логическим фактором являлась также возможность многократной прогонки моделей в варианте “вход  $\Leftrightarrow$  выход” с целью улучшения качества входной информации, оценки и повышения надежности выходной. Отметим, например, что введение ложных вихревых элементов в блоке входных данных проявлялось в виде нефизических эффектов непосредственно на мониторе и отслеживалось непосредственно. Теория и алгоритмы расчета изменения высоты приподнятого тропосферного волновода, баланса углового момента, фактора макротурбулентности, поля функции тока сопряженных с этим процессом ветровых течений представлены в [2,19,20].

**Результаты моделирования.** Ниже приведены результаты проведенных нами численных имитационных экспериментов (при формах циркуляции M1, M2 для зимнего периода; см. рис. 1-4) и дается их анализ. Расчёт изменений высоты приподнятого тропосферного радиоволновода при форме циркуляции M<sub>1</sub> для летнего периода (см. рис. 1 в статье [2]) дал средние высоты тропосферного волновода в зависимости от сезона в пределах 1600-2200 м; изменения искомых высот лежат в пределах 50-400 м. В дальнейшем мы не будем приводить искомые значения, поскольку для целей долгосрочного прогноза важен лишь знак аномалий высот радиоволновода, а не их численные характеристики. Отрицательные аномалии наблюдаются вблизи Азиатского и Американского континентов, а положительная аномалия – над Тихим океаном (рис. 1). В статье [2] на рис. 2 соответствующие ветровые потоки представлены аномалией функции тока, где направления вектора скорости соответствует тому, чтобы положительные значения были слева от потока (на рис. 2 числами отмечены значения скорости в м с<sup>-1</sup>; соответствующие значения изменения функции тока составляют – максимальное значение:  $\sim 18 \cdot 10^6$  м<sup>2</sup> с<sup>-1</sup>,  $\sim 1 \cdot 10^6$  м<sup>2</sup> с<sup>-1</sup>).

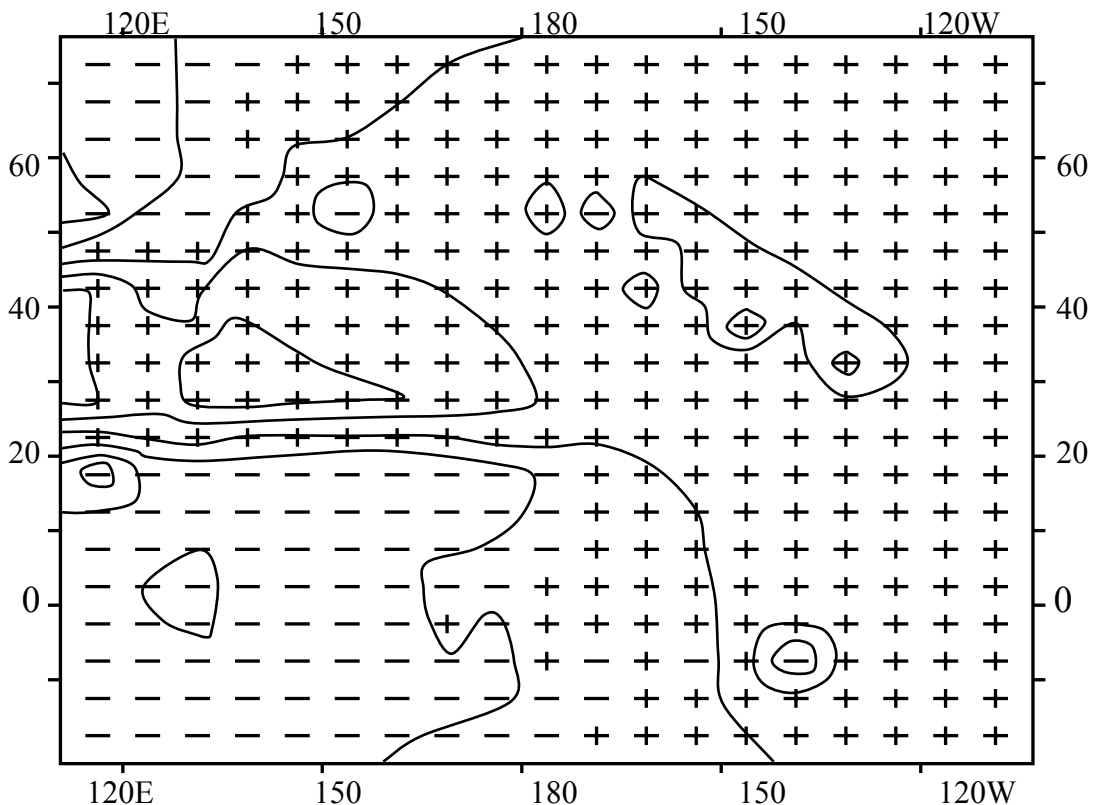


Рис. 1 – Изменение высоты приподнятого тропосферного радиоволновода (см. пояснение в тексте).

При этом оказывается, что передача углового момента вместе с горизонтальным влагопереносом идёт с востока на запад, что и соответствует расчётным схемам Оорта [14], причём основной поток на запад приходится на широты Алеутских островов, что тоже соответствует результатам Оорта. Здесь далее мы приведем аналогичные результаты для формы  $M_1$  для холодного полугодия (см. рис. 1 и 2).

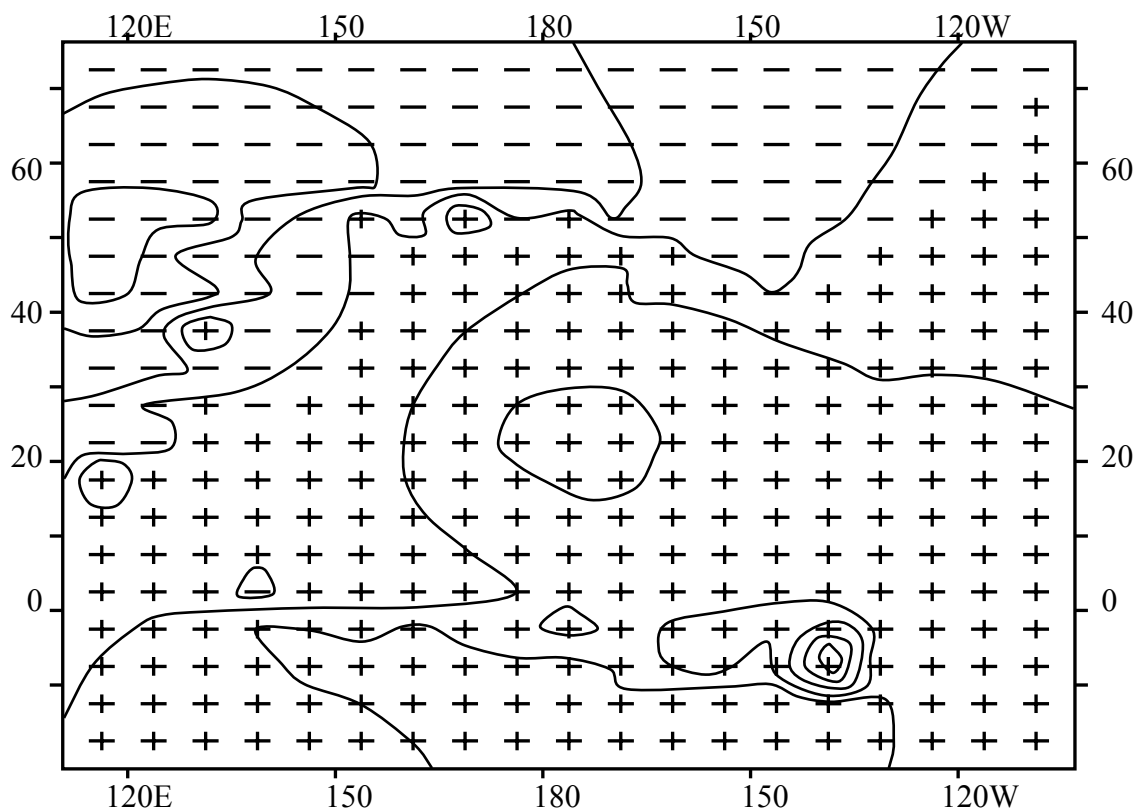


Рис. 2 – Функция тока для ситуации, изображенной на рис. 1  
(см. пояснение в тексте).

Видно, что подъём высоты приподнятых радиоволноводов смещается к северу с максимумом над Японией. Это можно объяснить увеличением температурного контраста «полюс - экватор» и соответствующим смещением арктического и полярного фронтов. Соответствующие потоки, приведенные на рис. 2, также направлены с запада на восток с тем же местоположением изменения направления переноса углового момента с запада на восток. Однако, вблизи азиатского континента определенно наблюдается транспорт влагопереноса, а тем самым, и углового момента к югу механизмом фронтального переноса.

В зимнее время при форме  $M_2$  (рис. 3) положение высоты волновода аналогично теплomu полугодю (см. рис. 3 в статье [2]), однако положение соответствующих потоков, показанное на рис. 4, более резко выделяет интенсивности переноса к югу углового момента и влаги соответственно фронтальным механизмом. При зональной форме циркуляции 3 выявляется снижение высот волноводов к западу от демаркационной линии и их подъём к востоку от неё. Это объяснимо западно-восточным транспортом влаги к берегам Американского континента. Также наблюдается двухслойный сброс величины углового момента к западу над океаном в Арктике и у Японии. В зимнее время процесс при форме циркуляции 3 весьма сложный.

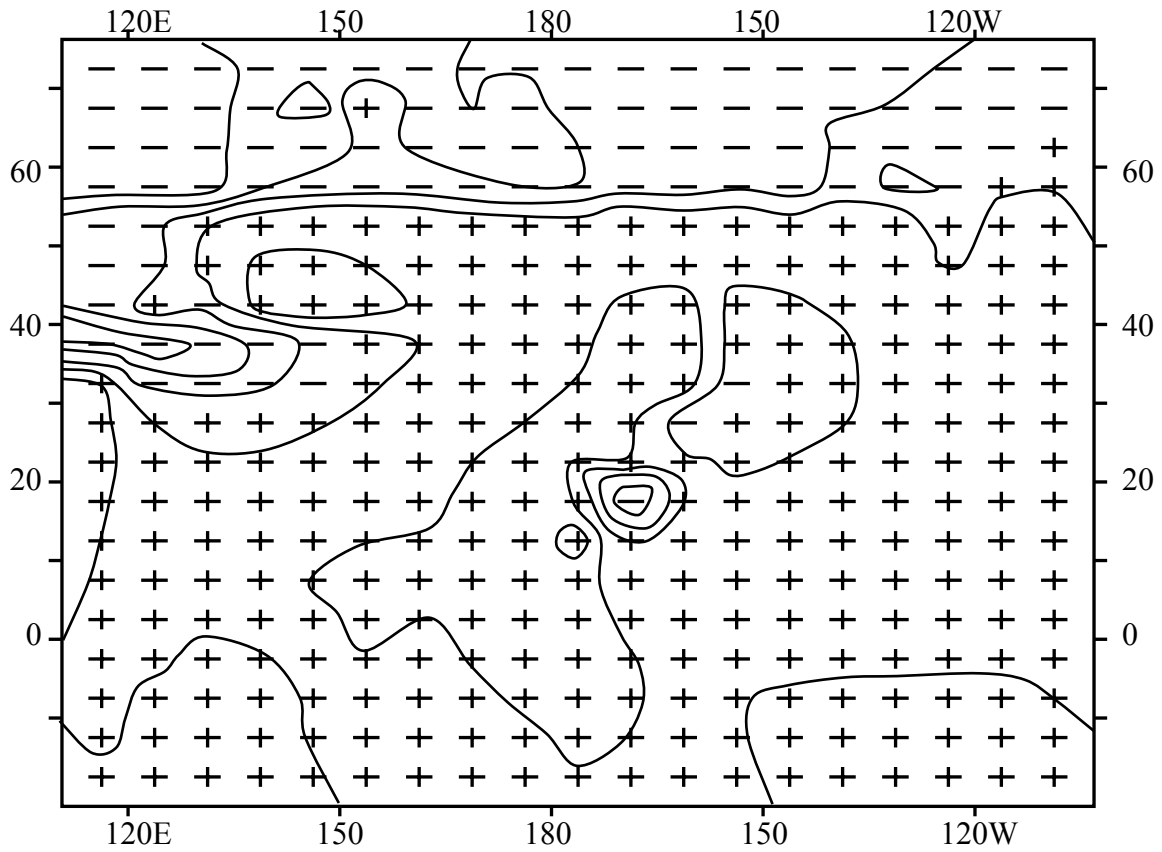


Рис. 3 – Изменение высоты приподнятого тропосферного радиоволновода (см. пояснение в тексте).

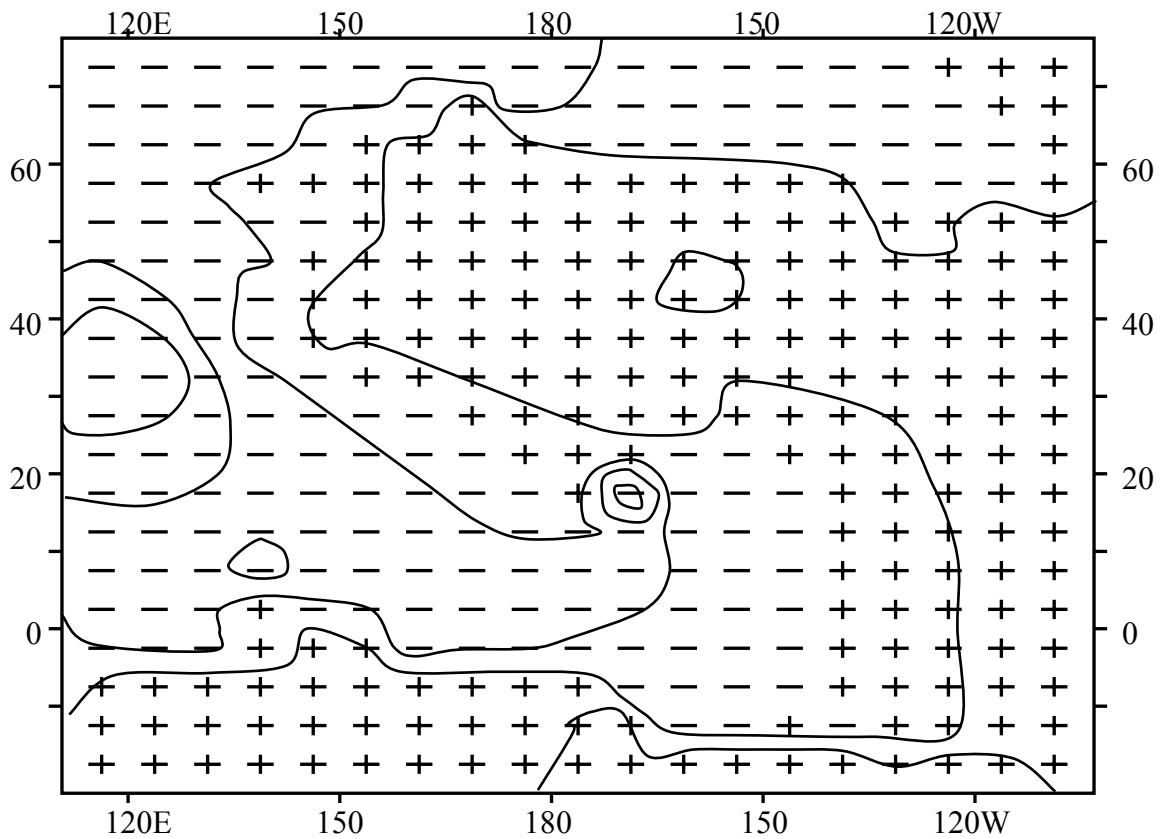


Рис. 4 – Функция тока для ситуации, изображенной на рис. 3 (см. пояснение в тексте).

В этом случае чувствуется влияние тропического фронта и резкого фронтального переноса влаги и углового момента к югу вдоль Азии и перенос этих же величин даже на нижних тропосферных уровнях к северу вблизи демаркационной линии над Тихим океаном и у Гавайских островов. Однако, направление потоков для этого случая указывает на смещение восточно-западного переноса углового момента в Арктику. Это обстоятельство трудно объяснимо и, по-видимому, связано с ледовым покровом Охотского и Берингова морей и малой интенсивностью фронтогенеза при форме циркуляции 3.

Итак, результаты проведенных экспериментов, представленные выше, а также в работе [2], убедительно доказывают, что динамика тропосферных радиоволноводов, атмосферный влагооборот, выполнение баланса углового момента атмосферы и смена форм циркуляции, их преемственность (а также фронтогенез и телеконнекция) оказываются прямым и обратным образом тесно связанными характеристиками атмосферы, причем динамика их взаимодействия может определять эволюцию атмосферных процессов в долго- и сверхдолгосрочном плане. Следует отметить, что все разработанные в работе новые модели и методы естественно применимы к любым районам земного шара и, разумеется, допускают возможность дальнейшей детализации и улучшения прогностической эффективности.

### Список литературы

1. Глушков А.В., Хохлов В.Н., Амбросов С.В., Свиначенко А.А., Серга Э.Н. Микросистемная технология "Geomath": Глобальные механизмы в атмосферных моделях и баланс углового момента Земли 1// Український гідрометеорологічний журнал.-2010.- № 5.-С.63-76.
2. Глушков А.В., Амбросов С.В., Свиначенко А.А., Серга Э.Н., Буякова Ю.Я. Глобальные механизмы в атмосферных моделях и баланс углового момента Земли// Український гідрометеорологічний журнал.-2010.- №6.-С.71-76.
3. Glushkov A.V., Khokhlov V.N., Bunyakova Y.Y., Svinarenko A.A., Solonko T.V. Sensing the correlation between atmospheric teleconnection patterns and sea ice extent: Micros technology "Geomath"// Sensors Electr. And Microsyst. Techn.-2006.- Vol.4, №2.-P.16-19.
4. Glushkov A.V., Khokhlov V.N., Svinarenko A.A., Bunyakova Yu.Ya., Prepelitsa G.P. Wavelet analysis and sensing the total ozone content in the earth atmosphere: Micros technology "Geomath"// Sensors Electr. And Microsyst. Techn.-2005.- №3.-P.43-48.
5. Амбросов С.В. Обобщенный критерий форм циркуляции атмосферы // Метеорология и гидрология. – 1999. – Вып. 38. – С. 164-168.
6. Glushkov A.V., Loboda N.S., Khokhlov V.N. Neural networks and multi-fractal modelling frustrated aquifer systems. "Underground" hydrology and global Earth angular momentum disbalance// Water resources in Asia Pasific Region.- Kyoto, Japan .-2003.-P.1355-1358.
7. Glushkov A., Khokhlov V., Loboda N.S. On the nonlinear interaction between global teleconnection patterns// Quart. Journ. of Royal Meteorol.Soc.-2006.-Vol. 132.-P. 447-465.
8. Glushkov A.V., Khokhlov V.N., Tsenenko I.A. Atmospheric teleconnection patterns and eddy kinetic energy content: wavelet analysis// Nonlinear Processes in Geophysics.-2004.- V.11, №3.-P.285-293.
9. Glushkov A.V., Loboda N.S., Khokhlov V.N. Using meteorological data for reconstruction of annual runoff series over an ungauged area: Empirical orthogonal functions approach//Atmospheric Research (Elsevier).-2005.-Vol.77.-P.100-113

10. *Khokhlov V.N., Glushkov A.V., Loboda N.S., Serbov N.G., Zhurbenko K.* Signatures of low-dimensional chaos in hourly water level measurements at coastal site of Mariupol, Ukraine// *Stoch Environ Res Risk Assess* (Springer).-2008.-Vol.22,N6.-P.777-788.
11. *Glushkov A.V., Khokhlov V.N., Loboda N.S., Bunyakova Yu.Ya.* Short-range forecast of atmospheric pollutants using non-linear prediction method// *Atmospheric Environment* (Elsevier).-2008.-Vol.42.-P. 7284–7292.
12. *Rusov V.D., Glushkov A.V., Loboda N.S., Khetselius O.U., Khokhlov V.N., Svinarenko A.A., Prepelitsa G.P.* On possible genesis of fractal dimensions in turbulent pulsations of cosmic plasma- galactic- origin rays- turbulent pulsation in planetary atmosphere system//*Advances in Space Research* (Elsevier).-2008.-Vol.42.-P.1614-1627.
13. *Русов В.Д., Глушков А.В., Ващенко В.Н.* Астрофизическая модель глобального климата Земли– Киев: Наукова Думка, 2005. – 270с.
14. *Peixoto J.P., Oort A.H.* *Physics of Climate.* – New York: American Institute of Physics, 1992. – 520p.
6. *Von Storch J.* Angular momenta of Antarctic, Arctic Oscillations//*Journ.Clim.*-2000.-Vol.13- P.681-685.
15. *Arakava A., Schubert W.H.* Interaction of cumulus cloud ensemble with the large-scale environment. Part I// *J. Atmos. Sci.* – 1974. – Vol. 31. – P. 674-701.
16. *Kistler R., Kalnay E., Collins W., et al.* The NCEP-NCAR 50-year reanalysis: monthly means CD-ROM and documentation // *Bull. Amer. Met.Soc.* – 2001. – Vol. 82. – P. 247-267.
17. Атлас океанов: Тихий океан; Атлас климатических характеристик температуры, плотности и давления воздуха, ветра и геопотенциала в тропосфере и нижней стратосфере Северного полушария // Под ред. Хановской И.В.–М.:Гидрометеиздат, 1974. – 287с.
18. *Гирс А.А.* Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1971.–280с.
19. *Глушков А.В., Ефимов В.А., Кивганов А.Ф.* Моделирование климата как задача взаимодействия триплета солитонов (постановка задачи) // *Метеорология, климатология и гидрология.*-1999.-№38.-С.3-8.
20. *Глушков А.В., Ефимов В.А., Кивганов А.Ф.* Телескопизированный прогноз атмосферных аномалий на средние сроки// *Метеорология, климатология и гидрология.*– 1999.– Вып. 38.– С. 9-13.

**Глобальні механізми в атмосферних моделях та баланс кутового моменту Землі: Комп'ютерні експерименти – III.**

**Глушков О.В., Амбросова С.В., Серга Е.М., Кольцова Н.Ю.**

*Наведені результати комп'ютерних експериментів на основі нової мікросистемної технології "GeoMath" по моделюванню глобальних механізмів в атмосферних низькочастотних процесах, оцінці балансу кутового моменту Землі та ефектів телеконекції.*

**Ключові слова:** баланс кутового моменту, атмосферні моделі, телеконекція

**Global mechanisms in atmosphere models and balance of the Earth angle moment: Computer experiments –III.**

**Glushkov A.V., Ambrosov S.V., Serga E.N., Koltcova N.U.**

*The results of the computer experiments within new microsystems technology "Geomath on modelling global mechanisms in atmosphere low frequency processes, estimates of the Earth angle moment balance and teleconnection effects are presented.*

**Keywords:** angle moment balance, atmosphere models, teleconnection