

PACS: 92.70.GT± 92.60.FM±42.68JG  
УДК 556.12 : 551.577.35 : 517.444

**ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОСИСТЕМНОЙ ТЕХНОЛОГИИ  
«ГЕОМАТН» К МОДЕЛИРОВАНИЮ БАЛАНСА  
УГЛОВОГО МОМЕНТА ЗЕМЛИ, ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРНЫХ  
ПРОЦЕССОВ И РАДИОВОЛНОВОДОВ:  
II. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ**

*А. В. Глушков, С. В. Амбросов, О. Ю. Хецелиус, Ю. Я. Бунякова,  
Г. П. Препелица, Э. Н. Серга, Е. П. Соляникова*

Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса  
Одесский государственный экологический университет, г. Одесса

**ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОСИСТЕМНОЙ ТЕХНОЛОГИИ «ГЕОМАТН»  
К МОДЕЛИРОВАНИЮ БАЛАНСА УГЛОВОГО МОМЕНТА ЗЕМЛИ, ПАРАМЕТРОВ  
АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ И РАДИОВОЛНОВОДОВ:  
II. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ**

*А. В. Глушков, С. В. Амбросов, О. Ю. Хецелиус, Ю. Я. Бунякова,  
Г. П. Препелица, Э. Н. Серга, Е. П. Соляникова*

**Аннотация.** Приведены результаты компьютерных экспериментов на основе новой микросистемной технологии «GeoMath» по моделированию глобальных механизмов в атмосферных низкочастотных процессах, оценке баланса углового момента Земли, эффектов телеконнекции, а также параметров атмосферных радиоволноводов.

**Ключевые слова:** микросистемная технология, GeoMath, баланс углового момента Земли, атмосферные модели, компьютерные эксперименты

**ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОСИСТЕМНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ «ГЕОМАТН»  
ДО МОДЕЛЮВАННЯ БАЛАНСУ КУТОВОГО МОМЕНТУ ЗЕМЛІ,  
ПАРАМЕТРІВ АТМОСФЕРНИХ ПРОЦЕСІВ ТА РАДІОХВИЛЬОВОДІВ:  
II. КОМП'ЮТЕРНІ ЕКСПЕРИМЕНТИ**

*О. В. Глушков, С. В. Амбросов, О. Ю. Хецелиус, Ю. Я. Бунякова,  
Г. П. Препелица, Е. М. Серга, О. П. Соляникова*

**Анотація.** Наведені результати комп'ютерних експериментів на основі нової микросистемної технології «GeoMath» по моделюванню глобальних механізмів в атмосферних низькочастотних процесах, оцінці балансу кутового моменту Землі та ефектів телеконекція, а також параметрів атмосферних радіохвильоводів.

**Ключові слова:** микросистемна технологія, Geomath, баланс кутового моменту Землі, атмосферні моделі, телеконекція, комп'ютерні експерименти

APPLICATION OF THE MICROSYSTEMS TECHNOLOGY «GEOMATH» TO MODELLING  
BALANCE OF THE EARTH ANGLE MOMENT, ATMOSPHERIC PROCESSES  
AND RADIOWAVEGUIDES: II. COMPUTER EXPERIMENTS

*A. V. Glushkov, S. V. Ambrosov, O. Yu. Khetselius, Yu. Ya. Bunyakova, G. P. Prepelitsa, E. N. Serga,  
E. P. Solyanikova*

**Abstract.** The results of the computer experiments within new microsystem technology «GeoMath» on modelling global mechanisms in atmosphere low frequency processes, estimating the Earth angle moment balance, teleconnection effects, and the parameters of the radio-waveguides are presented.

**Keywords:** microsystem technology, GeoMath, Earth angle moment balance, atmospheric models, teleconnection, computer experiments

## 1. Введение

В [1] (см. также [2–14]) 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 ультракоротковолновых (УКВ) радиоволноводов. В данной статье мы представим результаты 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 практическом плане суть экспериментов нацелена на обнаружение и апробацию новых предикторов для долгосрочных и сверхдолгосрочных прогнозов низкочастотных атмосферных процессов. Речь идет и об адаптации модифицированной теории атмосферной макротурбулентности применительно к атмосферным радиоволноводам с целью их возможного использования наряду с другими в качестве предикторов в долгосрочном плане. Искомые эксперименты, по нашему мнению, высвечивают 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 преобладности форм атмосферной циркуляции (телеконнекции, фронтогенеза) для целей освоения новых для прогностической практики сенсоров

в области долгосрочных прогнозов и моделирования низкочастотных атмосферных процессов.

## 2. Постановка численных экспериментов по моделированию баланса углового момента и изучению низкочастотных атмосферных процессов

Одна из целей численной 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 преобладности 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 преобладности, 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 объёмной информации о приподнятых тропосферных волноводах УКВ (см. [5,14,15–21]). 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.

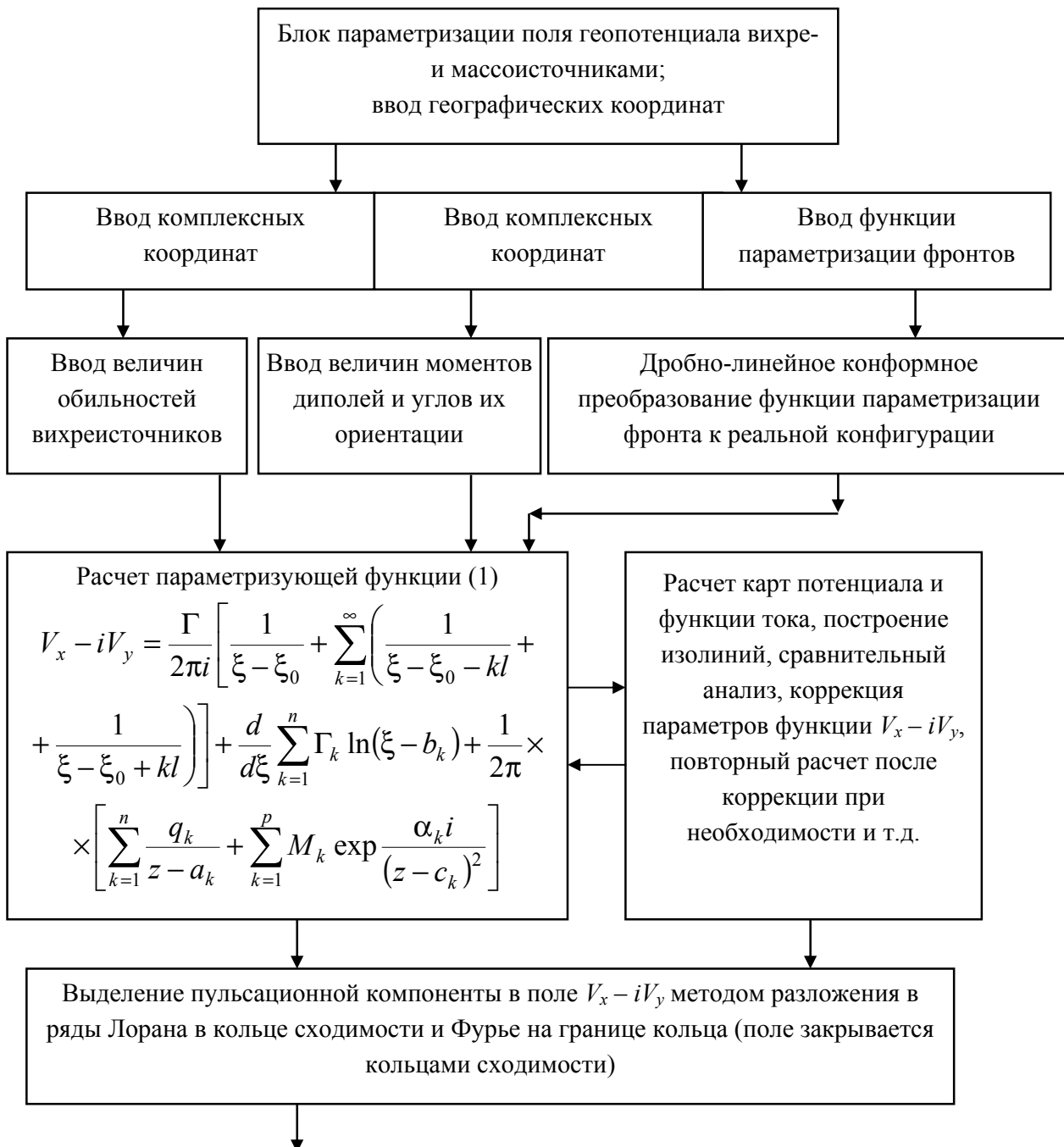
Первая и вторая из указанных расчётных характеристик могут быть полезны при составлении долгосрочного прогноза, так как помогают опознать саму форму циркуляции и преемственность этих форм по данным натурных измерений как высоты приподнятого тропосферного волновода УКВ, так и данных от зондирования ветровых 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 облач-

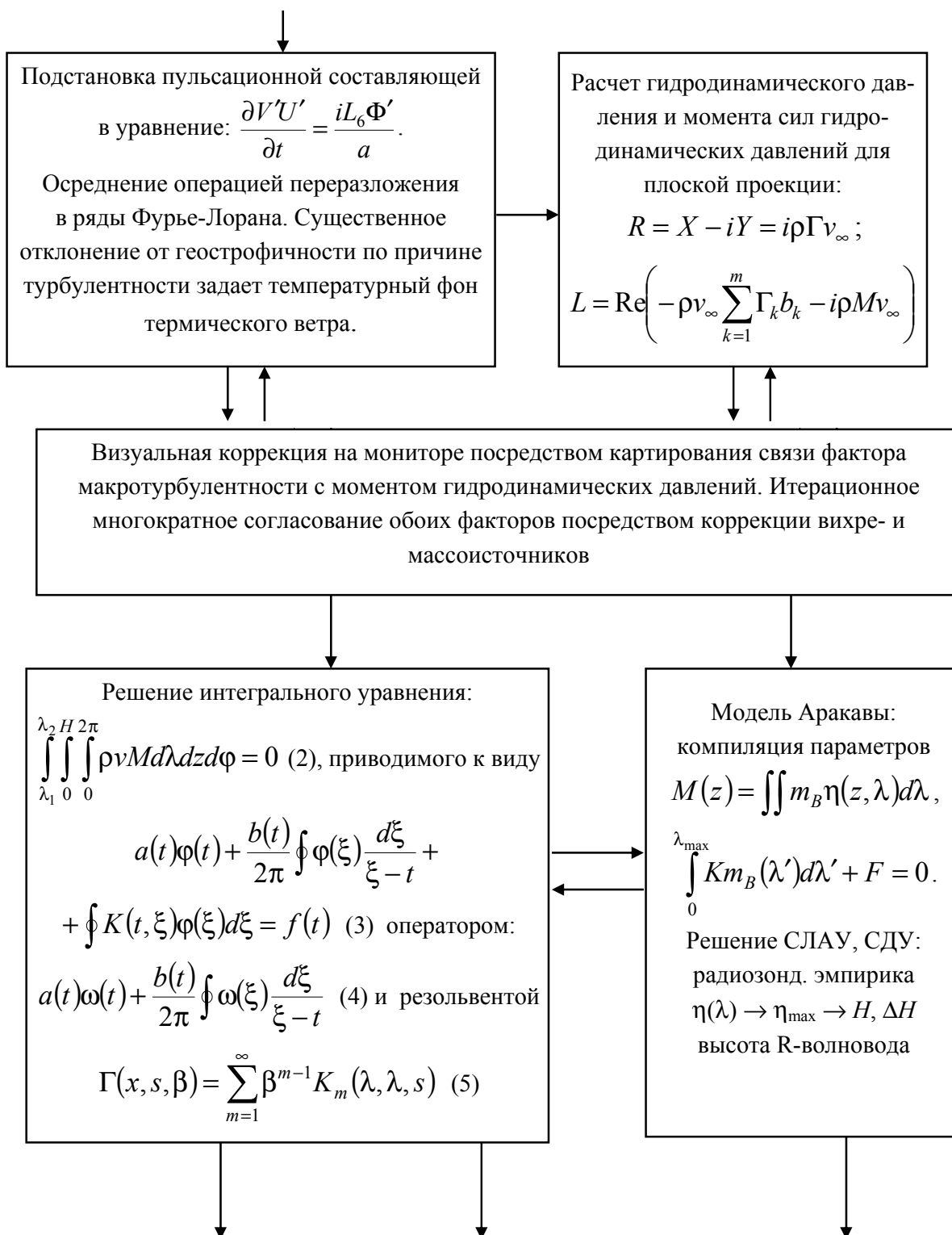
ности. Естественно, что в основном доступны прогнозируемые данные нефанализа и их дешифрации на соответствующее им поле ветров, например, по методу, изложенному в [5,17,18]. Расчёты численных экспериментов проводились и с целью создания некоего макета для опознавания форм атмосферной циркуляции и их 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 вводимых 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 «Р», «V», «N»). Важным аналитико-логическим фактором являлась также возможность многократной прогонки моделей в варианте «вход  $\leftrightarrow$  выход» с целью улучшения качества входной

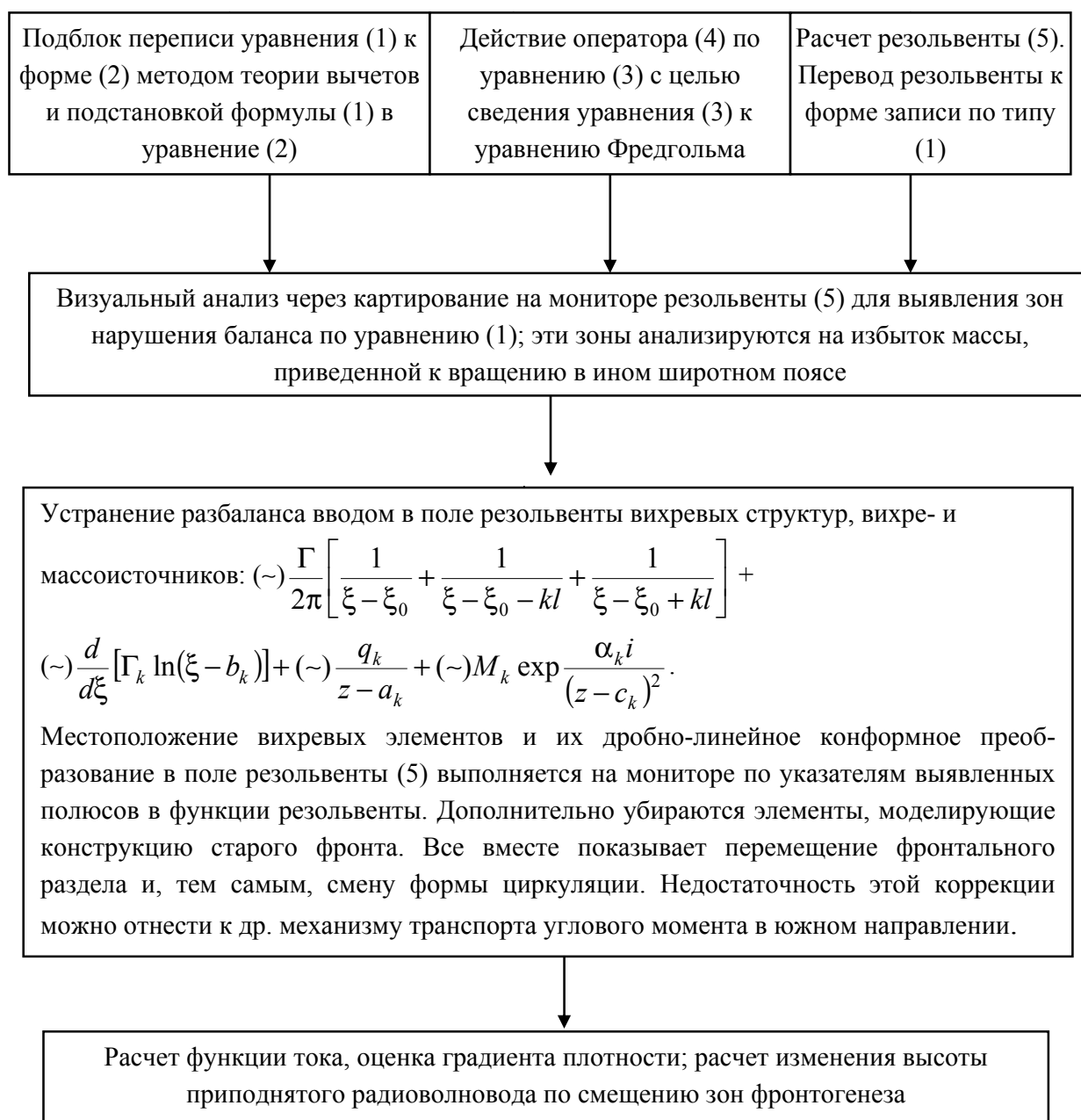
информации, оценки и повышения надежности выходной. Отметим, например, что введение ложных вихревых элементов в блоке вход-

ных данных проявлялось в виде нефизических эффектов непосредственно на мониторе и отслеживалось непосредственно.

**3. Блок—схема расчета изменения высоты приподнятого тропосферного волновода, баланса углового момента, фактора макротурбулентности, поля функции тока сопряженных с этим процессом ветровых течений**







#### 4. Результаты расчета

Ниже приведены результаты проведенных нами численных и имитационных экспериментов и дается их анализ. Расчёт изменений высоты приподнятого тропосферного радиоволновода при форме циркуляции  $M_1$  (рис. 1) дал средние высоты тропосферного волновода в зависимости от сезона в пределах 1600–2200 м; изменения искомым 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). На рис. 2 соответствующие ветровые потоки представлены аномалией функции тока, где направления вектора скорости соответствует тому, чтобы положительные значения были слева от потока (на рисунке 2 числами отмечены значения скорости в  $\text{м с}^{-1}$ ; соответствующие значения

изменения функции тока составляют — максимальное значение:  $\sim 18 \cdot 10^6 \text{ м}^2 \text{ с}^{-1}$ ,  $\sim 1 \cdot 10^6 \text{ м}^2 \text{ с}^{-1}$ ). Из рис. 2 видно, 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. Аналогичные результаты для формы  $M_1$ , но для холодного полугодия. Обнаружено, 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.

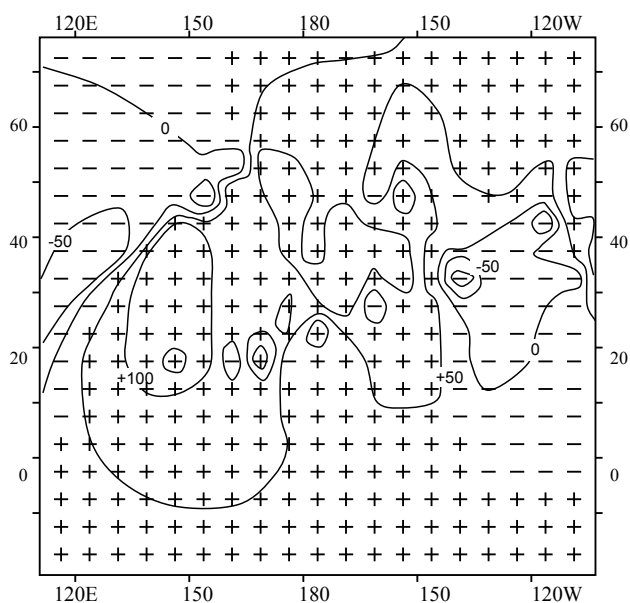


Рис. 1. Изменение высоты приподнятого тропосферного радиоволновода (см. пояснение в тексте)

Соответствующие воздушные потоки также направлены с запада на восток с тем же местоположением изменения направления переноса углового момента с запада на восток. Но, тем не менее, вблизи азиатского континента наблюдается транспорт влагопереноса, а тем самым, и углового момента к югу механизмом фронтального переноса. При форме  $M_2$  (рис. 3) наблюдается резкое обострение процесса у Японии, где выявляются резкие подъёмы высот приподнятого тропосферного волновода, а также и общий фон поднятия его высот над всем Тихим океаном летом при форме  $M_2$ . По функции тока (рис. 4) четко выявляется перенос углового момента к югу вдоль Азиатского

континента по системе фронтов, проявляющихся в циклонических депрессиях, характерных у азиатского континента при форме  $M_2$ . Аналогично, в зимнее время при форме  $M_2$  положение высоты волновода аналогично теплому полугодью (ср. рис. 3), однако положение соответствующих воздушных потоков 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.

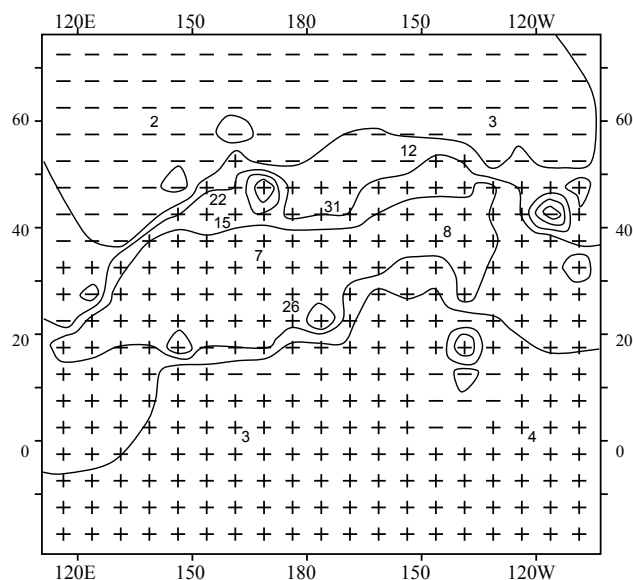


Рис. 2. Функция тока для ситуации, изображенной на рис. 1 (см. пояснение в тексте)

Также наблюдается двухслойный сброс величины углового момента к западу над океаном в Арктике и у Японии. Процесс при форме циркуляции 3 весьма сложный. Выявляется 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. Этот факт трудно объяснить и, по-видимому, связан с ледовым покровом Охотского и Берингова морей и малой интенсивностью фронтогенеза при форме

циркуляции 3. В расчетах для всех ситуаций использованы полученные нами данные по высотам тропосферных радиоволноводов. В табл. 1 даны средние значения высоты нижней границы ( $H$ , км), мощности ( $\Delta H$ , км), индекс преломления (рефракции) ( $N$ , ед./км) приподнятых атмосферных волноводов, их среднеквадратические отклонения ( $\sigma$ ) для разных районов и сезонов года, и рассчитанные в рамках модели Аракавы значения средних высот радиоволноводов. Анализ показывает, что модель Аракавы, адаптированная к расчетам характеристик тропосферных радиоволноводов, дает достаточно корректные данные.

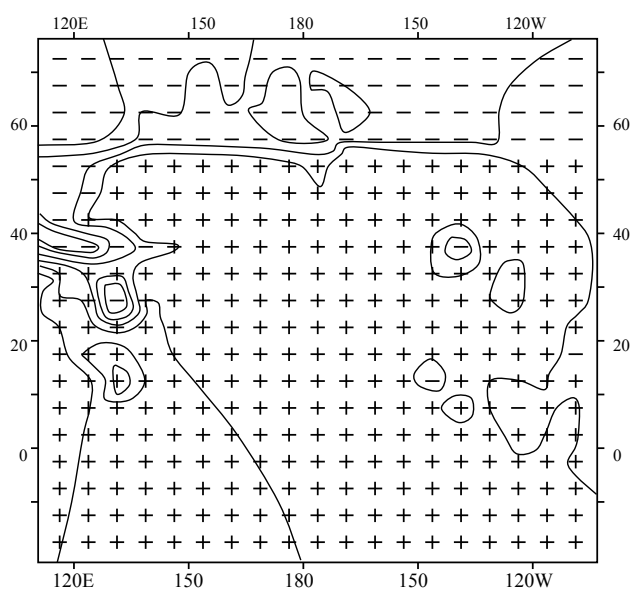


Рис. 3. Изменение высоты приподнятого тропосферного радиоволновода (см. пояснение в тексте)

Именно при указанных значениях обеспечивается максимальное значение величины углового момента (по крайней мере разумный порядок в сравнении с данными Оорта [6]). Для примера укажем: наша средняя оценка относительного углового момента (ед. массы) (на уровне 850 гПа; 25° с.ш.) —  $13 \cdot 10^7$ , а по данным Оорта —  $9 \cdot 10^7 \text{ м}^2 \text{ с}^{-1}$ . Отметим, что Оорт получал свои данные с использованием прямых измерений ветра в атмосфере, т.е. по существу это — эмпирические данные. Использование в качестве верхнего предела в уравнении для баланса углового момента нефизичных значений ( $\sim < 0.3 \text{ км}$ ) высот приподнятых тропосферных радиоволноводов приводит к некорректным порядкам величин углового момента. Далее

перейдем к изложению результатов имитационного компьютерного эксперимента по изучению динамики (взаимосвязи) всех интересующих нас атмосферных характеристик, в частности, динамики приподнятых тропосферных радиоволноводов (изменения высот), динамики атмосферных фронтов (перемещение фронтальных разделов), переноса атмосферной влаги, баланса и дисбаланса углового момента атмосферы, процесса телеконнекции при изменении формы атмосферной циркуляции с  $M_1$  на форму  $M_2$  по типизации Вангенгейма-Гирса [5, 14, 17, 18].

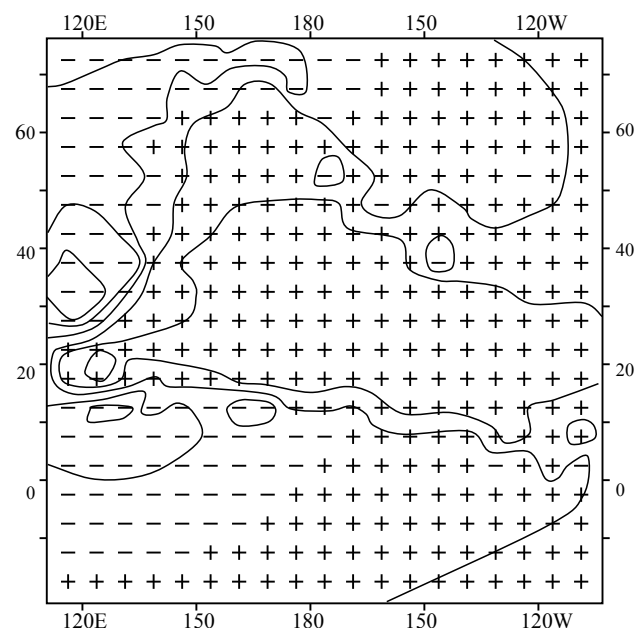


Рис. 4. Функция тока для ситуации, изображенной на рис. 3 (см. пояснение в тексте)

Для устранения разбаланса требуется, чтобы прошла перестройка форм циркуляции, сопровождающаяся перемещением фронтов к востоку и оттоком массы из очагов разбаланса к югу. Изменение высоты радиоволновода адекватно появлению потенциала в поле плотности, создающего течения, компенсирующие разбаланс по угловому моменту. Вдоль траектории фронтов центробежное ускорение переносит избыточные массы с севера в южном направлении, что устраняет разбаланс углового момента. Суммируя все сказанное, анализ результатов проведенных экспериментов позволяет понять логическую схему всех рассмотренных атмосферных процессов и сделать следующие выводы.



Таблица 1

Средние значения высоты нижней границы ( $H$ , км), мощности ( $\Delta H$ , км), индекс преломления (рефракции) ( $N$  — ед./км) приподнятых атмосферных волноводов для разных районов и сезонов года по данным [5,13–18]; расчет — настоящая работа).

Район наблюд.	Параметр	Февраль	Февраль	Май	Май	Август	Август	Ноябрь	Ноябрь
КП «N»	H	1,43	0,53	1,56	0,42	1,67	0,49	1,62	0,41
	$\Delta H$	0,23	0,12	0,23	0,14	0,25	0,14	0,23	0,12
	N	170	116	169	106	166	131	166	86
	H	1,8		1,9		2,1		2,1	
	$\Delta H$	0,3		0,3		0,4		0,4	
КП «V»	H	1,85	0,70	1,35	0,69	1,63	0,75	1,81	0,58
	$\Delta H$	0,19	0,08	0,21	0,16	0,31	0,17	0,22	0,15
	N	130	63	190	97	157	80	162	97
КП «P»	H	1,68	0,27	1,00	0,42	1,16	0,71	1,14	0,46
	$\Delta H$	0,27	0,10	0,10	0,18	0,26	0,09	0,22	0,08
	N	106	29	29	12	120	51	105	22
Расчет	H	1,8		1,9		2,1		2,2	
	$\Delta H$	0,3		0,3		0,4		0,4	

## 5. Заключительные замечания и выводы

В работе показано, что динамика тропосферных УКВ радиоволноводов, атмосферный влагооборот, выполнение баланса углового момента атмосферы (момента Земли) и смена форм циркуляции, их преемственность (а также фронтогенез и телеконнекция) являются прямым и обратным образом тесно связанными физическими характеристиками атмосферы, причем динамика их взаимодействия, фактически, предопределяет эволюцию атмосферных процессов в долго- и сверхдолгосрочном плане. Действительно, во-первых, количественно показана связь тропосферного радиоволновода с атмосферным влагооборотом и соответственно с формой атмосферной циркуляции через положение фронтальных разделов (атмосферных фронтов как основных накопителей влаги). Во-вторых, атмосферный влагооборот связан с таким типично низкочастотным процессом как выполнение баланса углового момента. Последний характеризует нарушение баланса вращения атмосферы вместе с Землей, которое может быть при развитии меридиональных процессов с осуществлением переноса массы воздуха и пара между тропическими широтами (с большой линейной скоростью) и медленно вращающимися воздушными массами приполярных широт (собственно это есть процесс медленной телеконнекции). В-третьих, динамика и характеристики атмосферного радиоволновода как

раз и связаны с телеконнекцией и, тем самым, с формами циркуляции, с процессами преемственности этих форм (что важно в долгосрочном прогнозе). Перестройки, выражающиеся сменой форм циркуляции, неразрывно связаны с динамизмом поверхности атмосферного радиоволновода. Искомые перестройки влекут за собой и смену типового процесса и соответственно возникновение разбаланса углового момента, а тем самым, и возникновение новых циклов атмосферного влагооборота, еще более важного предиктора в долгосрочном прогнозе. На синоптических картах можно видеть формы циркуляции, и в принципе с большими трудностями можно построить карты атмосферного влагооборота; при нарушении баланса углового момента необходимо иметь реально видимый на картах отток массы воздуха и влаги к югу. Дисбаланс углового момента не может оставаться без последствий в атмосфере ввиду достаточно больших сил, задействованных в искомой динамике. Естественно разбаланс вызывает эффекты сингулярности, т.е. резкую реакцию атмосферы для попытки его устранения. При этом возможна даже передача в другие геосферы (гидро- и лито-). Этот вопрос требует отдельного более детального рассмотрения (см. также [12,20]). В любом случае такое серьезное воздействие на атмосферу в принципе может во многом явиться причиной смены формы атмосферной циркуляции, которая позволяет быстро устранить дисбаланс углового момента организацией достаточно быстрого транспорта

влаги и воздуха скоростного вращения с севера на юг к своему моменту вращению. Сказанное, собственно говоря, и подтвердили результаты компьютерных экспериментов в тихоокеанском полигоне. В заключение следовало бы также указать на интересные перспективы и возможности применения «GeoMath» к развитию и реализации так называемых бифуркационных моделей глобального климата Земли (см. детальнее [21,22]).

### Список литературы

1. Глушков А. В., Амбросов С. В., Хецелиус О. Ю., Бунякова Ю. Я., Препелица Г. П., Серга Э. Н., Соляникова Е. П., Микросистемная технология «Geomath»: Глобальные механизмы в атмосферных моделях, баланс углового момента Земли, атмосферные волноводы, телеконнекция и ячейки Гадля I// *Sensors Electr. and Microsyst. Techn.* — 2011. — N4.
2. Glushkov A. V., Khokhlov V. N., Bunyakova Yu.Ya., Prepelitsa G. P., Svinarenko A. A., Tsenenko I. A., Sensing nonlinear interaction between global teleconnection patterns: Micros technology «Geomath»// *Sensors Electr. And Microsyst. Techn.* — 2006. — Vol.4, N1. — P.64–70.
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, N2. — 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. — N3. — P.43–48.
5. Амбросов С. В., Обобщенный критерий форм циркуляции атмосферы // *Метеорология, климатология и гидрология.* — 1999. — Вып. 38. — С. 164–168; Глушков А. В., Амбросов С. В., Хохлов В. Н., Атмосферные волноводы, телеконнекция, ячейки Гадля и баланс углового момента Земли// *Метеорология, климатология 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., 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,N3. — 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. Glushkov A. V., Khokhlov V. N., 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. N., Glushkov A. V., Loboda N. S., Khetsetlius O.Yu., Khokhlov V. N., Svinarenko A. A., Prepelitsa G. P., On possible genesis of fractal dimensions in the turbulent pulsations of cosmic plasma — galactic-origin rays — turbulent pulsation in planetary atmosphere system// *Advances in Space Research (Elsevier).* — 2008. — Vol.42,N9. — P.1614–1617.
13. Русов В. Д., Глушков А. В., Ващенко В. Н. Астрофизическая модель глобального климата Земли— К.: Наукова Думка, 2005. — 215 С.
14. Glushkov A. V., Khetsetlius O.Yu., Bunyakova Yu.Ya., Prepelitsa G. P., Solyanikova E. P., Serga E. N., Non-linear prediction method in short-range forecast of atmospheric pollutants: low-dimensional chaos// *Dynamical Systems- Theory and Applications.* — 2011. — Vol.2-P.31–36.
15. Peixoto J. P., Oort A. H. *Physics of Climate* — N. — Y.: AIP. — 1992. — 520p.; von Storch J., *Angular momenta of Antarctic, Arctic Oscillations*//*J.Clim.* — 2000. — Vol.13- P.681–685.
16. 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.
17. 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.
18. Атлас океанов: Тихий океан; Атласа 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

19. Гирс А. А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. — Л.: Гидрометеоиздат, 1971. — 280 с.
20. Бунякова Ю. Г., Глушков А. В., Анализ и прогноз влияния антропогенных факторов на воздушный бассейн промышленного города. — Одесса: Экология, 2010. — 256С.
21. Rusov V. D., Glushkov A. V., Vaschenko V. N., Mavrodiev S., Vachev B., Galactic cosmic rays -cloud effect and bifurcation model of Earth global climate// Bound Vol. of Observatorie Montagne de Moussalla. — 2007. — Vol.12. — P.80–90.
22. Rusov V. D., Glushkov A. V., Vaschenko V. N., Myhalus O. T., Bondartchuk Yu.A., Smolyar V. P., Linnik E. P., Mavrodiev S. C., Vachev B. I., Galactic cosmic rays — clouds effect and bifurcation model of the earth global climate. Part 1. Theory// Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics (Elsevier). — 2010. — Vol.72,N. — P.498–508.