

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



# И ННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ АТМОСФЕРЫ, ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ, ЭКОЛОГИИ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

## ДОКЛАДЫ

ТРЕТЬЕЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
С ЭЛЕМЕНТАМИ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ

Ставрополь,  
24–28 сентября  
2018 г.

Ставрополь  
2018

---

УДК 551.5:536.7 (082)  
ББК 26.233 я43  
И 66

### **Редакционная коллегия**

Р. Г. Закинян (ответственный редактор)  
М. Т. Абшаев (зам. ответственного редактора)  
Г. Х. Бадахова (зам. ответственного редактора)  
В. И. Волкова (ответственный секретарь)  
А. Р. Закинян, Ю. Л. Смерек

**И 66 Инновационные методы и средства исследований в области физики атмосферы, гидрометеорологии, экологии и изменения климата: доклады Третьей международной научной конференции с элементами научной школы (Ставрополь, 24–28 сентября 2018 г.) / под ред. М. Т. Абшаева, Р. Г. Закиняна, Г. Х. Бадаховой. – Ставрополь, 2018. – 314 с.**

ISBN 978-5-9296-0976-3

Сборник содержит доклады Международной научной конференции с элементами научной школы «Инновационные методы и средства исследований в области физики атмосферы, гидрометеорологии, экологии и изменения климата», проходившей в Ставрополе 24–28 сентября 2018 г. В работе конференции приняли участие ученые из Абхазии, Азербайджана, Грузии, Израиля, Ирака, Македонии, Узбекистана и России.

На конференции были представлены полученные в последние годы результаты исследований и разработок в области физики облаков и активных воздействий на гидрометеорологические процессы, численного моделирования атмосферных процессов, изменения климата и влияния этих изменений на окружающую среду и социально-экономическую сферу жизнедеятельности людей.

Сборник рассчитан на специалистов в области физики атмосферы, физики облаков и активных воздействий на гидрометеорологические процессы, синоптической метеорологии, климатологии (в том числе – по проблеме изменения климата), агрометеорологии, экологии и гидрометобеспечения.

УДК 551.5:536.7 (082)  
ББК 26.233 я43

ISBN 978-5-9296-0976-3

© Коллектив авторов, 2018  
© ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский  
федеральный университет», 2018

что практически во всех регрессионных моделях участвует прогностическая температура на уровне 2 метра (89 %), часто используются характеристики температуры и влажности на нижних изобарических поверхностях: 1000 и 975 гПа (61 %). Реже всего для уточнения прогноза используются характеристики поверхности 925 и 850 гПа (11 – 6%).

Практически для всех рассмотренных станций сохраняется один и тот же набор предикторов. Исключение составляют станции, высота которых превышает 1000 м над уровнем моря. Влияние корректировки на прогностическую температуру на этих станциях больше, чем на равнинных станциях. Например, на станции Хопок, расположенной на высоте 2008 м над уровнем моря, корректировка результатов моделирования техникой MOS уменьшила ошибку прогноза с 5 °С до 1.5 °С.

В результате проделанной работы можно сделать вывод о том, что техника Model Output Statistics улучшает результаты гидродинамического прогноза. Таким образом, ее смело можно использовать в качестве схемы постпроцессинга в оперативной практике.

В среднем качество прогноза улучшилось на 2 °С. Практически на всех исследуемых станциях после корректировки с использованием MOS прогноз относится к категории успешных согласно синоптическим наставлениям. Результаты описанных исследований уже применяются в оперативной практике.

Как было указано ранее, одним из недостатков MOS является ее зависимость от конфигурации модели. Поэтому разработан алгоритм корректировки, который может использоваться в дальнейшем при любых модельных модификациях. Разработанный алгоритм может быть использован в любых оперативных подразделениях, занимающихся прогнозами погоды на основе гидродинамического моделирования.

### Литература

1. Воробьева О. В. Статистическая обработка результатов моделирования для улучшения качества гидрометеорологического прогноза // Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России. 2018. С. 104-106.
2. Применение статистической коррекции месячных и сезонных детерминистских прогнозов температуры воздуха и осадков по модели ПЛАВ для отдельных районов России / В. А. Тищенко, В. М. Хан, М. А. Толстых и др. // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра РФ. 2015. №358. С. 212-132.
3. Model Output Statistics (MOS) - Objective Interpretation of NWP Model Output [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.weather.gov/media/mdl/Antolik2012.pdf>, свободный (23.05.2018).

## ВНУТРИСЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МИГРИРУЮЩИХ И НЕМИГРИРУЮЩИХ ПРИЛИВОВ

Диденко К. А.<sup>1</sup>, Погорельцев А. И.<sup>1,2</sup>, Шевчук Н. О.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>2</sup> Российский государственный гидрометеорологический университет, г. Санкт-Петербург

В данной работе описывается методика, позволяющая получить данные для расчета нелинейных взаимодействий планетарных волн и/или атмосферных приливов с различными зональными волновыми числами и периодами. Такой подход основывается на использовании непрерывного вейвлет преобразования. Показано, что с использованием коэффициентов комплексного вейвлет преобразования Морле можно достоверно восстановить временные ряды амплитуд и фаз отдельных приливных компонент с учетом их временной изменчивости.

В стратосфере наблюдается взаимосвязь между изменениями амплитуд стационарных планетарных волн с зональными волновыми числами  $m_p=1$  и 2 (СПВ1 и СПВ2). Эта зависимость обусловлена, главным образом, нелинейными взаимодействиями волна-волна в

стратосфере [1]. Кроме взаимодействия СПВ1 и СПВ2 между собой, они взаимодействуют с суточными или полусуточными мигрирующими приливами ( $m_1=1$  и 2). В результате возникают суточный и полусуточный немигрирующие приливы с  $m = m_1 \pm m_p$  [2].

Для того, чтобы стало возможным рассмотреть нелинейные взаимодействия стационарных планетарных волн и приливов и/или приливных компонент между собой, необходимо получить амплитуды и фазы отдельных приливных составляющих. Для этого в качестве исходных данных было решено использовать результаты моделирования с использованием МСВА (модель средней и верхней атмосферы) [2]. Был получен ансамбль решений для условий нейтральной фазы Эль-Ниньо, западная фаза КДК (квазидвухлетнее колебание) и для анализа выбран один из членов ансамбля.

Модельные данные содержат поля гидродинамических величин вида  $U(x, y, z, t)$ ,  $V(x, y, z, t)$ ,  $T(x, y, z, t)$ . После Фурье разложения этих полей по долготе получаем временные ряды амплитуд и фаз отдельных зональных гармоник для всех гидродинамических величин. Далее, с использованием комплексного вейвлет преобразования Морле, получаем временные ряды амплитуд и фаз стоячих и распространяющихся на восток/запад планетарных волн, включая атмосферные приливы. Так как вейвлет преобразование является полосовым фильтром с известной функцией-ответом (функция вейвлета), с его помощью можно восстанавливать исходные временные ряды, учитывая только определенные гармоники. Восстановленный после преобразования временной ряд  $x_n(t)$  может быть рассчитан по следующей полуэмпирической формуле [3]:

$$x_n(t) = \frac{\delta_j \delta t^{1/2}}{C_\delta \psi_0(0)} \sum_{j=0}^J \frac{\text{Re}\{W_n(s_j)\}}{s_j^{1/2}}, \quad (1)$$

где суммирование производится по всем масштабам (периодам),  $J$  – наибольший период,  $\delta_t$  – обратный временной интервал,  $\delta_j$  – интервал масштаба,  $\text{Re}\{W_n(s_j)\}$  – реальная часть непрерывного вейвлет спектра мощности временного ряда,  $s_j$  – соответствующий период.

Эмпирические коэффициенты  $C_\delta$ ,  $\delta_{j_0}$ ,  $\psi_0(0)$  преобразуют спектр мощности в амплитудный спектр и учитывают масштабирование энергии. Значения этих коэффициентов для используемого вейвлета преобразования Морле представлены в таблице.

Эмпирические коэффициенты для вейвлет преобразования Морле

Название вейвлета	$C_\delta$	$\delta_{j_0}$	$\psi_0(0)$
Морле	0.776	0.60	$\pi^{-1/4}$

С использованием выражения (1) были восстановлены поля температуры, зонального, меридионального ветра, вертикальной скорости и возмущения потенциального вихря Эртеля. Для примера на рис. 1–2 показана временная изменчивость амплитудных спектров поля температур суточного и полусуточного атмосферного прилива на высоте 95 км, 12.5 с. ш., январь. На рис. 1 также наблюдается немигрирующий прилив с  $m = 1$  и периодом 12 часов. В дальнейшем такие приливы необходимо отфильтровать.

Используя исходные и восстановленные поля температуры, зонального, меридионального ветра, вертикальной скорости и возмущения потенциального вихря Эртеля, можно также построить широтно-высотные распределения амплитуды и фазы для суточного и полусуточного приливов. Ниже представлены полученные для января широтно-высотные распределения амплитуды (левые панели) и фазы (правые панели) суточного (рис. 3) и полусуточного (рис. 4) прилива в Кельвинах, полученные с использованием исходных данных (верхние панели) и по восстановленным полям температуры (нижние панели).

Результаты показывают, что поля гидрометеорологических величин отлично восстанавливаются с использованием вейвлет преобразования Морле с заданными интервалами периодов (0.7–1.25 для суточного прилива и 0.25–0.7 для полусуточного). Восстановленные поля в дальнейшем можно использовать для расчета слагаемых в балансе потенциальной энтропии, описывающий нелинейные взаимодействия между планетарными волнами. Эта задача будет предметом дальнейших исследований.

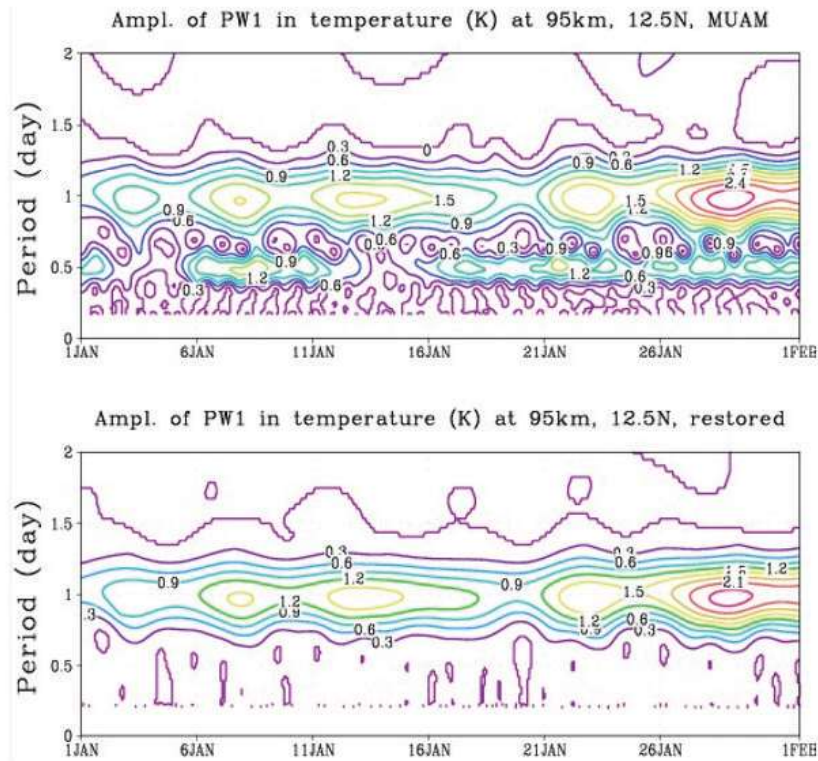


Рис. 1. Временная изменчивость амплитуды суточного мигрирующего прилива (верхняя панель – исходные данные, нижняя панель – восстановленные после вейвлет преобразования для интервала периодов 0.7–1.25)

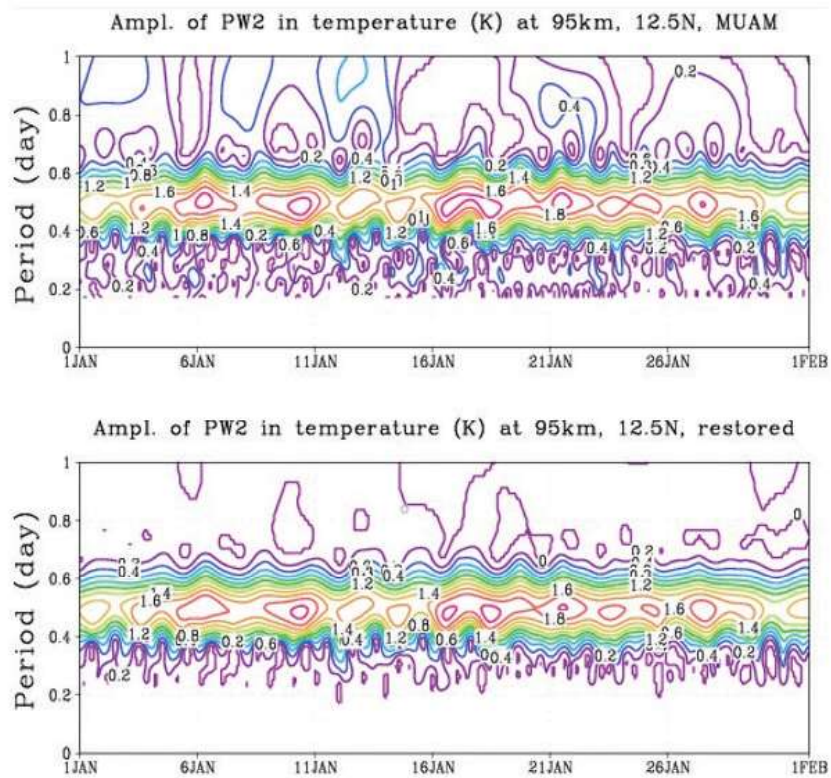


Рис. 2. Временная изменчивость амплитуды полусуточного мигрирующего прилива (верхняя панель – исходные данные, нижняя панель – восстановленные после вейвлет преобразования для интервала периодов 0.25–0.7)

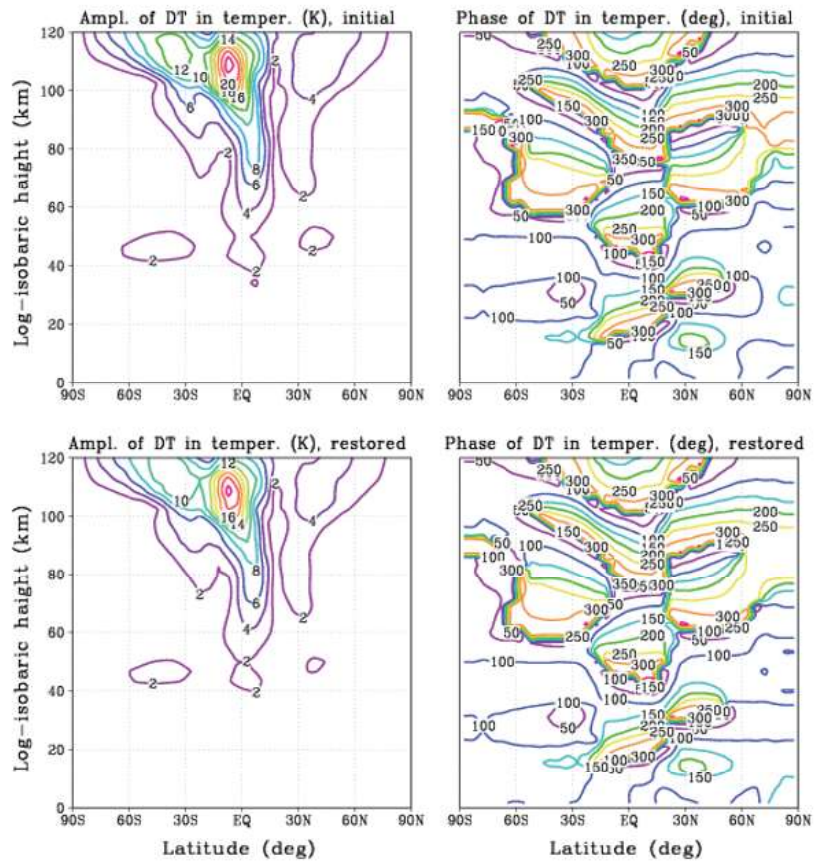


Рис. 3. Широтно-высотные распределения амплитуды суточного прилива

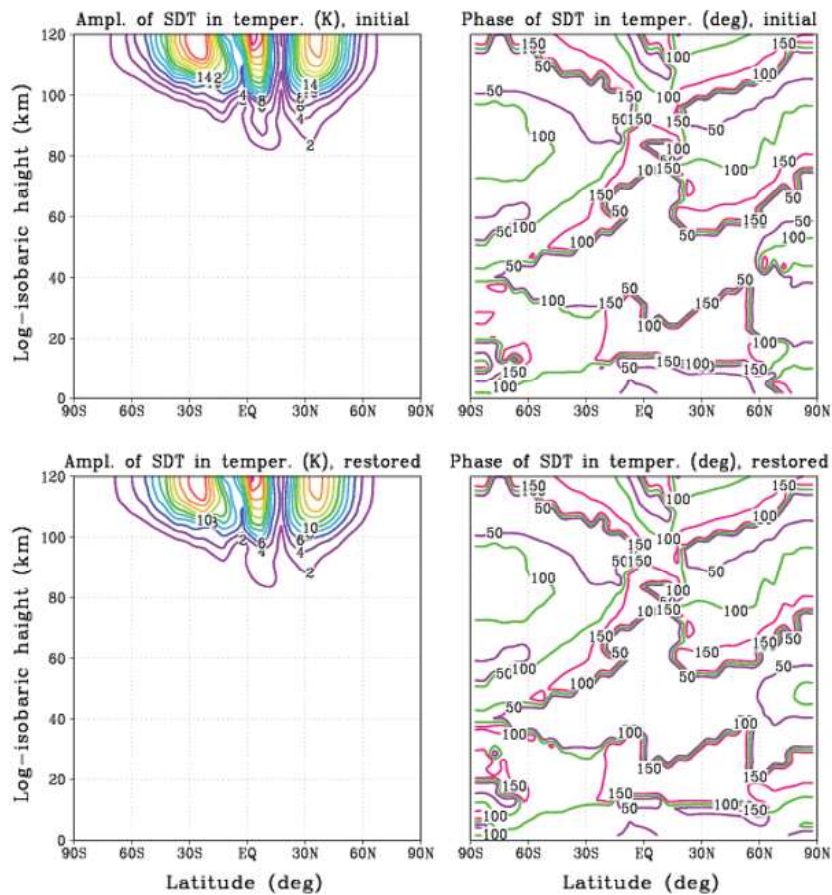


Рис. 4. Широтно-высотные распределения амплитуды полусуточного прилива

Работа была выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-01050.

### Литература

1. Smith A. K. Observation of Wave-Wave interactions in the Stratosphere // J. Atmos. Sci., 1983. vol. 40. С. 2484.
2. Pogoreltsev A. I., Vlasov A. A., Fröhlich K., and Jacobi Ch. Planetary waves in coupling the lower and upper atmosphere // J. Atmos. Solar-Terr. Phys., 2007. vol. 69, С. 2083-2101.
3. Torrence, C., P.G. Compo. A Practical Guide to Wavelet Analysis // Bulletin of the American Meteorological Society, 1998. vol. 79. С. 65-67.

## КОНЦЕПТУАЛЬНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПЕРАЦИОННОГО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО (ГЕОФИЗИЧЕСКОГО) ОБЕСПЕЧЕНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТРАНЫ

Доронин А. П., Кулешов Ю. В., Петроченко В. М., Щукин Г. Г.  
Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург

Существенный ущерб, наносимый хозяйственной деятельностью страны чрезвычайными ситуациями природного и техногенного происхождения, обуславливает необходимость поиска и разработки перспективных методов и средств, позволяющих устранить или в значительной мере снизить их негативное влияние. В качестве таковых в последние годы предлагается использовать методы и средства модифицирования (МОДИФ) гидрометеорологических и геофизических процессов и явлений (ГФПЯ).

Анализ влияния ГФПЯ на хозяйственную деятельность страны	Анализ методов и средств МОДИФ ГФПЯ в нашей стране и за рубежом	Теоретические основы управления и МОДИФ ГФПЯ	Концептуально-методологические основы разработки тезауруса в области МОДИФ ГФПЯ
Операционный комплекс МОДИФ ГФПЯ и характеристика его элементов	Методологический подход к оцениванию эффективности операций по МОДИФ ГФПЯ	Модели объектов МОДИФ (ГФПЯ)	Модификационный потенциал объектов МОДИФ в различных физико-географических районах страны
Методы и технические средства МОДИФ ГФПЯ	Экспериментальная проверка методов и средств МОДИФ ГФПЯ	Методы операционного ГФО (ГМО) деятельности страны	Перечень прикладных задач, решаемых при МОДИФ ГФПЯ
Методики МОДИФ ГФПЯ	Методологические основы контроля операций по МОДИФ ГФПЯ	Основные направления дальнейших исследований в области МОДИФ ГФПЯ	Предложения по подготовке специалистов в области МОДИФ ГФПЯ

Рис. Концептуально-методологические основы операционного гидрометеорологического (геофизического) обеспечения хозяйственной деятельности страны