



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: _____ «Модуляция солнечных приливов»

Исполнитель _____ Довольская Мария Львовна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____ кандидат физико-математических наук
(ученая степень, ученое звание)
Ермакова Татьяна Сергеевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

_____ кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Анискина Ольга Георгиевна
(фамилия, имя, отчество)

« 03 » июня 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АТМОСФЕРНЫХ ПРИЛИВАХ	5
1.1 Атмосферные приливы	5
1.2 Солнечные атмосферные приливы	6
1.3 Важность приливов и их воздействие на атмосферные процессы	7
ГЛАВА 2 ВЫБРАННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ	9
2.1 Атмосферный реанализ MERRA-2	9
2.2 Атмосферный реанализ JRA-55	10
2.3 Гармонический вейвлет-анализ	11
2.4 Вейвлет-преобразование Морле для частотно-временного анализа	13
ГЛАВА 3 АНАЛИЗ ГРАФИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ПОЛУЧЕННЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ	15
3.1 Построение приливов в поле температуры	15
3.2 Построение приливов в поле меридиональной компоненты ветра	38
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	63

ВВЕДЕНИЕ

Одно из самых простых и ярких применений теории внутренних гравитационных волн – это объяснение атмосферных приливов. В любой реальной проблеме мы должны адаптировать теорию к конкретной проблеме. Что касается приливов, мы должны учитывать следующее:

1. Мы находимся в неограниченной атмосфере;
2. Мы находимся на вращающейся сфере.

Под атмосферными приливами мы обычно подразумеваем те колебания планетарного масштаба, периоды которых составляют целые доли солнечных или лунных суток (суточные относятся к периоду в один день, полусуточные относятся к периоду в полдня, а 8-часовой прилив означает период в одну треть суток). Эти периоды выбраны, потому что мы знаем, что в эти периоды происходит некое воздействие. Гравитационное воздействие точно известно; тепловое воздействие (в значительной степени из-за поглощения солнечного света O_3 и водяным паром) известно с меньшей точностью. Тем не менее, ситуация, когда воздействие известной частоты даже достаточно хорошо известно, является исключительной ситуацией, и мы можем с полным основанием ожидать, что наша способность вычислить наблюдаемую реакцию на такое воздействие представляет собой незначительную проверку полезности теории.

Цель:

Исследовать модуляцию солнечных мигрирующих и немигрирующих приливов.

Задачи:

1. Разложение полей температуры и меридиональной составляющей ветра с получением основных гармоник при использовании данных реанализов MERRA-2 и JRA-55 за три холодных периода 2018-19, 2019-20 и 2020-21 гг. в Северном полушарии.
2. Проведение гармонического вейвлет-анализа для первой и второй гармоники для вышеуказанных метеорологических данных. Графическое представление полученных стоячих и бегущих (на запад и восток) волн на 2.5° с.ш. для температуры и 52.5° с.ш. для меридиональной компоненты ветра на высоте 60 км.
3. Анализ максимальных амплитуд мигрирующих и немигрирующих приливов в поле температуры и меридиональной компоненты ветра в холодные периоды 2018-19, 2019-20 и 2020-21 гг. в Северном полушарии.
4. Анализ осредненного скрытого тепла конденсации для тропической области обоих полушарий и анализ влияния выделения скрытого тепла на поведение немигрирующих приливов.

ГЛАВА 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АТМОСФЕРНЫХ ПРИЛИВАХ

1.1 Атмосферные приливы

Атмосферными приливами называются волны планетарного масштаба, которые создаются притяжением Солнца (солнечные атмосферные приливы) и Луны (лунные атмосферные приливы), подобно приливам в Мировом океане. Гравитационные приливные волны или гравитационные атмосферные приливы имели бы достаточно малые амплитуды, а связанные с ними колебания атмосферного давления были бы порядка тысячных и сотых долей миллибара. Однако к гравитационным составляющим атмосферных приливов добавляются составляющие, которые обусловлены суточным ходом температуры (термические атмосферные приливы). Последний дает импульсы к собственным свободным колебаниям в земной атмосфере. Вследствие отклика с этими свободными колебаниями амплитуды колебаний атмосферного давления, связанных с атмосферными приливами, сильно увеличиваются, преимущественно возрастает полусуточная составляющая: до 1,5 миллибара у экватора и 0,5 мб в средних широтах. Также обнаруживаются малые составляющие: 4-х, 6-и, 8- часовая и суточная.

В тропических широтах атмосферные приливы в основном солнечные. Они в свою очередь оказывают влияние на суточный ход атмосферного давления: во внетропических широтах, где амплитуда приливных волн значительно меньше, а непериодические колебания давления велики. Эффект атмосферных приливов можно выделить из общего хода атмосферного давления с помощью статистической обработки материала наблюдений. [1]

Солнечный прилив обусловлен возмущением атмосферной температуры из-за суточной периодичности солнечного нагревания атмосферы. Возмущение давления, вызываемое возмущением температуры, движется за солнцем вдоль параллели и создает волны, которые распространяются в зональном и

вертикальном направлении. Кроме естественного периода приливных волн, равного 24 ч, не менее сильными являются волны с периодом в половину солнечных суток – 12 ч. Исходной причиной появления полусуточного прилива является наличие достаточно сильной 12-часовой гармоника в солнечном нагревании атмосферы. [2]

1.2 Солнечные атмосферные приливы

Приливные колебания ветра и температуры являются одним из основных процессов, формирующих динамический и термический режим мезосферы и нижней термосферы (МНТ). Изучение изменчивости приливов и источников, ответственных за их генерацию, является ключевым моментом, ведущим к пониманию энергетики и динамики данного высотного региона. [3]

Приливы представляют собой единственный пример вынужденных колебаний, характеристики источников которых в той или иной степени довольно хорошо известны. Если в случае гравитационных приливов, как пространственные распределения, так и частоты потенциала приливообразующих сил известны совершенно точно, то для солнечных тепловых приливов известны лишь частоты источников, и поскольку распределение приливообразующих сил зависит от распределения озона и водяного пара в атмосфере, их пространственную структуру приходится задавать приближенно.

Таким образом, периоды солнечных приливов представляют собой гармоники с частотами, кратными частоте вращения Земли (24, 12, 8, 6, 4 часа). Существует два типа термических приливов: мигрирующие и немигрирующие.

Наиболее хорошо изучены так называемые мигрирующие приливы, т.е. те составляющие приливных колебаний, фазовая скорость которых направлена на запад и совпадает со скоростью движения Солнца. Основными мигрирующими приливами являются суточный (период $T=24$ часа и зональное волновое число $m=1$) и полусуточный ($T=12$ часов и $m=2$). Они возбуждаются вследствие

поглощения солнечной радиации молекулами тропосферного водяного пара и стратосферного озона. Немигрирующие приливы имеют фазовую скорость отличную от скорости движения Солнца и могут распространяться на запад, восток или оставаться стоячими. Наибольшие амплитуды имеют немигрирующие составляющие атмосферных суточных колебаний с зональными волновыми числами $m=0, 2$ и полусуточные компоненты с $m=1, 3$. [4]

Немигрирующие приливы возбуждаются различными источниками, среди которых отмечается нелинейное взаимодействие планетарных волн и мигрирующих приливов, выделение скрытой теплоты при фазовых переходах в тропосфере, а также долготные неоднородности нагрева атмосферы, обусловленные распределением материков и океанов. В стратосфере источниками немигрирующих приливов являются долготные неоднородности нагрева атмосферы при поглощении солнечной радиации, вызванные неравномерным распределением озона по долготе. [5]

1.3 Важность приливов и их воздействие на атмосферные процессы

Атмосферные приливы характеризуются своими источниками. Гравитация Луны вызывает лунный атмосферный прилив, в то время как солнечные атмосферные приливы могут возбуждаться несколькими способами, включая поглощение солнечного излучения, крупномасштабное скрытое выделение тепла, связанное с глубокими конвективными облаками в тропосфере, гравитационное притяжение Солнца и в качестве вторичных волн из-за нелинейных волновых взаимодействий. Восстанавливающей силой, действующей на атмосферные приливы, является гравитация, поэтому приливы представляют собой особый класс плавучести или гравитационных волн. В отличие от высокочастотных гравитационных волн, приливы зависят от вращения Земли и сферичности из-за их сравнительно большой периодичности и горизонтальных масштабов. Солнечные атмосферные приливы, как правило,

больше, чем лунные, и доминируют в приливных движениях в средней и верхней атмосфере, то есть в стратосфере, мезосфере и термосфере.

Все приливы содержат компоненты, которые распространяются в вертикальном направлении z . Эффекты распространяющихся вверх приливных компонент особенно важны, поскольку эти волны растут по амплитуде примерно $\exp(z/2H)$ с высотой шкалы $H=kBT/Mg$, где kB – постоянная Больцмана, T – температура, M – средняя молекулярная масса – ускорение силы тяжести Земли, поскольку они сохраняют энергию в атмосфере, плотность которой уменьшается с увеличением высоты.

Таким образом, приливы с незначительными амплитудами в нижних областях возбуждения атмосферы часто оказывают сильное влияние на верхние слои атмосферы, поскольку они вносят большие атмосферные колебания по местному времени и могут рассеивать и оставлять в них свою энергию и импульс. [6]

ГЛАВА 2 ВЫБРАННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

2.1 Атмосферный реанализ MERRA-2

MERRA-2 – это американский атмосферный реанализ NASA, который предоставляет данные, начиная с 1980 года, и выполняется с отставанием от реального времени на несколько недель. Он заменяет оригинальный атмосферный реанализ MERRA с использованием обновленной версии модели GEOS-5 системы ассимиляции данных.

Главной причиной для замены MERRA на MERRA-2 является тот факт, что система ассимиляции данных MERRA была остановлена в 2008 году и не способна обрабатывать несколько важных новых типов данных: поскольку старые спутниковые приборы выходят из строя, количество наблюдений, доступных для ассимиляции в MERRA, быстро уменьшается. MERRA-2 использует GEOS-5 версии 5.12.4, который способен использовать новые микроволновые эхолоты и приборы гиперспектрального инфракрасного излучения, а также другие типы данных.

Все данные, собранные в MERRA-2, представлены в одной и той же горизонтальной сетке. Эта сетка имеет 576 точек в долготном направлении и 361 точку в широтном направлении. Выходные данные MERRA-2 представлены в обычной сетке с разбивкой по долготе и широте $0,625^\circ \times 0,5^\circ$, версия модели GEOS-5 рассчитала все поля на сетке в виде кубической сферы с приблизительным разрешением $50 \text{ км} \times 50 \text{ км}$.

Наряду с ассимиляцией метеорологических данных с использованием современной спутниковой базы данных, MERRA-2 включает интерактивный анализ аэрозолей, которые возвращаются в циркуляцию, использует наблюдения NASA за стратосферным озоном и температурой (при наличии) и предпринимает шаги для представления криогенных процессов. [7]

2.2 Атмосферный реанализ JRA-55

Японское Метеорологическое Агентство (JMA) провело второй Японский глобальный атмосферный реанализ, названный JRA-55. Он охватывает период с 1958 года, когда начались проводиться глобальные регулярные радиозондовые наблюдения. JRA-55 является первым всеобъемлющим реанализом, который охватил последние полвека с тех пор.

JRA-55 был выпущен с версией TL319 операционной системы ассимиляции данных JMA по состоянию на декабрь 2009 года, которая была значительно улучшена после Японского 25-летнего реанализа (JRA-25). Основными целями JRA-55 были решение вопросов, возникших в предыдущих реанализах, изучение межгодовых изменчивостей и изменение климата. JRA-55 был запущен с версией системы усваивания оперативных данных JMA, которое было улучшено в сравнении с JRA-25. Основные проблемы JRA-25 были связаны холодным уклоном в нижней стратосфере, который уменьшился, и сухим уклоном в бассейне реки Амазонка, который был смягчен. Временная последовательность анализа температуры значительно улучшились по сравнению с предыдущими результатами реанализа.

Анализ атмосферы и поверхности земли выполняются в 00, 06, 12 и 18 UTC, а анализ глубины снега выполняется в 18 UTC каждый день.

Данные реанализа были широко использованы для исследований в механизмах климатической системы Земли, исследований прогноза, и мониторинга климата. Реанализ внес значительный вклад в исследование явления планетарного масштаба как квазидвухлетние колебания. Продолжение совершенствования реанализа имеет большое значение для продвижения исследования климата. [8]

2.3 Гармонический вейвлет-анализ

Вейвлет-преобразование – это интегральное преобразование, которое представляет собой свертку вейвлет-функции с сигналом. Вейвлет-преобразование переводит сигнал из временного представления в частотно-временное. [9]

Термин «вейвлет» был введен в середине 80-х годов Гроссманом и Морле в связи с анализом акустических и сейсмических сигналов. Основная идея вейвлет-анализа заключается в том, чтобы для поиска локальной особенности использовать разложение по функциям, похожим на искомую особенность, т.е. также хорошо локализованным. Такой подход предполагает представление функции одной координаты в виде функции двух координат – пространственной и масштабной.

Поскольку вейвлет-анализ дает не только информацию о спектральном составе исследуемого процесса, как анализ Фурье, но также и информацию об изменении спектрального состава во времени или пространстве, то он нашел применение в первую очередь при анализе нестационарных процессов. Результат вейвлет-анализа часто называют вейвлет-спектром или масштабно-временным спектром. [10]

При решении климатических задач встаёт необходимость определения тенденций изменения различных характеристик. Прежде чем проводить анализ реальных данных, необходимо научиться устанавливать некоторые закономерности на экспериментальных данных, например, выявлять периодичности и локальные особенности сигнала. Основным средством анализа реальных физических процессов служит гармонический анализ, в частности, анализ Фурье, а также его модификация, называемая вейвлет-анализом.

В узком смысле вейвлеты – это общее название для семейств математических функций, получающихся путём масштабирования и сдвига по оси времени одной материнской (базовой) функции. В широком смысле

вейвлеты – это функции, которые локальны во времени и по частоте, среднее значение которых равно нулю. [11]

Вейвлет-преобразование – математический подход, который широко используется для обработки сигналов. Он может раскладывать особые шаблоны, скрытые в массиве данных. Что касается проблемы прогнозирования через временные ряды и нейронные сети, нам нужна задача моделирования.

Нейронные сети в качестве общей оценки по большей части нелинейных систем имеют ограниченные возможности. Вейвлет-преобразование обладает способностью одновременно отображать функции и проявлять их локальные характеристики в частотно-временной области. Использование этих характеристик облегчает обучение нейронных сетей с точностью моделирования нелинейных сигналов.

Вейвлет-преобразования делятся на две группы:

- непрерывное вейвлет-преобразование;
- дискретное вейвлет-преобразование.

В непрерывном вейвлет-преобразовании, если параметры масштабирования и смещения являются непрерывными, преобразование будет очень медленным с лишними и бесполезными данными из-за функции наложения и дублирования соседних данных.

Результаты непрерывного вейвлет-преобразования легче интерпретировать по сравнению с дискретным вейвлет-преобразованием, т.к. оно работает на каждом масштабе (частоте), а смещение вейвлет-функции является непрерывным. Существует также соответствие между масштабами вейвлета и частотой, так что меньший масштаб соответствует сжатому вейвлету, который имеет высокую частоту, а большие масштабы соответствуют растянутому вейвлету, представляющему более низкую частоту. Масштабы часто преобразуются в пространственные частоты для лучшей интерпретации. [12]

Вейвлет-анализ становится распространенным инструментом для анализа локализованных изменений мощности во временных рядах. Разложив временной ряд на частотно–временное пространство, можно определить как доминирующие режимы изменчивости, так и то, как эти режимы изменяются во времени. [13]

2.4 Вейвлет преобразование Морле для частотно-временного анализа

Вейвлет Морле определяется как синусоидальная волна, сужающаяся как гауссиан. Для частотно-временного анализа используется комплексный вейвлет Морле, в котором гауссиан сужается к сложной синусоидальной волне. Далее комплексный вейвлет Морле сворачивается с сигналом временного ряда, и в результате свертки получается комплексный сигнал, из которого извлекаются мгновенная мощность и фаза в каждый момент времени. Вейвлет-свертка может быть концептуализирована как процедура «сопоставления с шаблоном», в которой каждый момент времени в сигнале сравнивается с шаблоном (синусоидальная волна с гауссовым окном), а результат свертки представляет собой временной ряд «сходств» между сигналом и вейвлетом.

У сужающегося гаусса имеется один параметр, определяющий его ширину (также называемую формой или отклонением). Более широкий гауссиан приводит к снижению точности по времени, но увеличивает спектральную точность и, наоборот, для более узкой гауссианы. Этот параметр обычно определяется как «количество циклов», но это доказывает, что было бы лучше определить гауссову ширину как полную ширину на полувысоте (FWHM), которая представляет собой расстояние во времени между увеличением на 50% до пика и увеличением на 50% после пика.

Было выяснено несколько преимуществ вейвлетов Морле для частотно-временного анализа:

1. Вейвлет Морле имеет гауссову форму в частотной области. Отсутствие острых краев сводит к минимуму эффекты пульсации, которые могут быть ошибочно приняты за колебания.
2. Результаты свертки вейвлетов Морле сохраняют временное разрешение исходного сигнала.
3. Вейвлет-свертка более эффективна с точки зрения вычислений и требует меньше кода по сравнению с другими методами, поскольку включает наименьшее количество вычислений, большинство из которых реализовано с использованием быстрого преобразования Фурье. [14]

ГЛАВА 3 АНАЛИЗ ГРАФИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ПОЛУЧЕННЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

В качестве исходных данных были использованы атмосферные реанализы MERRA-2 и JRA-55, в частности, данные о температуре, меридиональной компоненте ветра и распределении скрытого тепла. На основе этих метеорологических данных было проведено разложение на гармоники с помощью вейвлет-анализа.

Далее для проведения исследования модуляции солнечных мигрирующих и немигрирующих приливов за три холодных периода 2018-19, 2019-20 и 2020-21 гг. в Северном полушарии будут использованы первая и вторая гармоники поля температуры и меридиональной составляющей ветра.

3.1 Построение приливов в поле температуры

Температурное поле – это совокупность значений температуры во всех точках данной расчетной области и во времени.

В связи с тем, что приливы – это волны, которые модулируются солнечным нагревом, были построены графики высотно-широтного распределения для суточного мигрирующего (рис. 3.1 левая панель) и немигрирующего прилива для декабря 2018 года (рис. 3.1 правая панель).

По результатам построения высотно-широтного распределения атмосферных приливов за декабрь 2018 г. (рис. 3.1) можно заметить, что максимальные значения амплитуд приливных компонент наблюдаются на высотах выше 40 км.

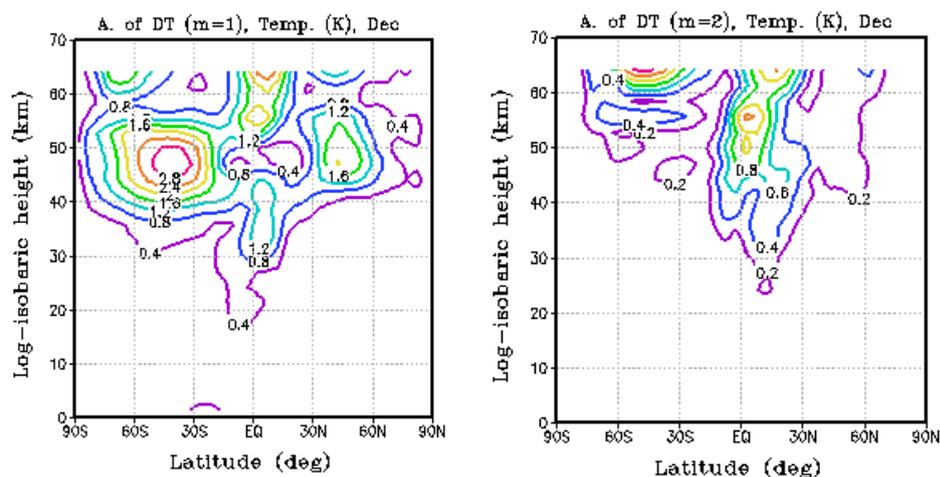


Рисунок 3.1 – Высотно-широтное распределение амплитуды первой и второй гармоник приливной компоненты в поле температуры (К) за декабрь 2018 г. Южного и Северного полушарий. Левая панель – распределение первой гармоник с частотой изолиний 0.4 К, правая панель – распределение второй гармоник с частотой изолиний 0.2 К. Ось абсцисс – широта (градусы), ось ординат – лог-изобарическая высота (км)

В декабре 2018 г. максимальные значения амплитуд первой гармоник в поле температуры наблюдаются на 45 км на 50° с.ш. и достигают значения 2.0 К, а над экватором – на высоте от 55 км и выше, и соответственно имеют амплитуды больше 2.0 К (рис. 3.1 левая панель), а для второй гармоник максимальные значения наблюдаются на 55 км на 5° с.ш. и принимают значения 1.2 К (рис. 3.1 правая панель).

Сезонный ход приливных компонент, рассматриваемый в поле температуры (рис. 3.2 и 3.3) традиционно анализируют у экватора. На рассматриваемой широте 2.5° с.ш. и высоте 60 км, максимальное значение амплитуды первой гармоник составило 1.8 К (рис. 3.1 левая панель), а второй гармоник – 0.8 К (рис. 3.1 правая панель).

Ниже на рисунках 3.2 и 3.3 представлены амплитуды стоячей и бегущих волн (на запад и на восток) на 2.5° с.ш. на высоте 60 км для всего холодного периода (с ноября по апрель) 2018-2019 гг. Распределения построены с целью оценить сезонный ход приливных компонент в поле температуры.

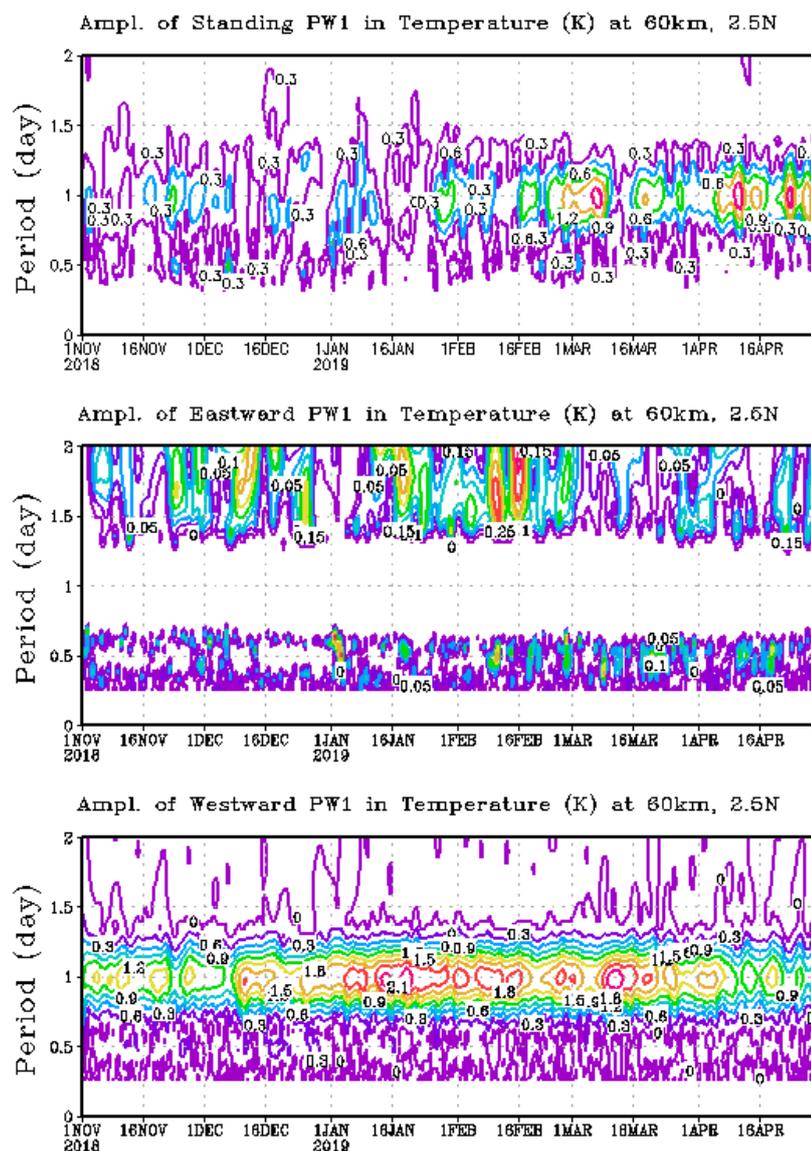


Рисунок 3.2 – Приливные амплитуды первой гармоники в поле температуры на 2.5° с.ш. на высоте 60 км для холодного периода 2018-2019 гг. Верхняя панель – распределение амплитуды стоячей волны с частотой изолиний 0.3 К, средняя панель – распределение амплитуды волны бегущей на восток с частотой изолиний 0.05 К, нижняя панель – распределение амплитуды волны бегущей на запад с частотой изолиний 0.3 К. Ось абсцисс – период с ноября по апрель, ось ординат – период волны (сутки)

В 2019 г. (рис. 3.2 верхняя панель) суточный мигрирующий прилив в поле температуры проявляет себя во второй половине ноября, с начала февраля до конца апреля. В амплитуде волны бегущей на восток (рис. 3.2 средняя панель) не просматривается приливных компонент на всем рассматриваемом

временном интервале всех трех холодных периодов. Мигрирующие суточные приливы отображаются в амплитуде бегущей на запад волны (рис. 3.2 нижняя панель) с начала ноября до конца апреля 2019 г. Максимальные значения амплитуд суточных мигрирующих приливов составили 2.1 К и выше в середине января и в первой половине марта, минимальные значения – 1.2 К в начале декабря и апреля.

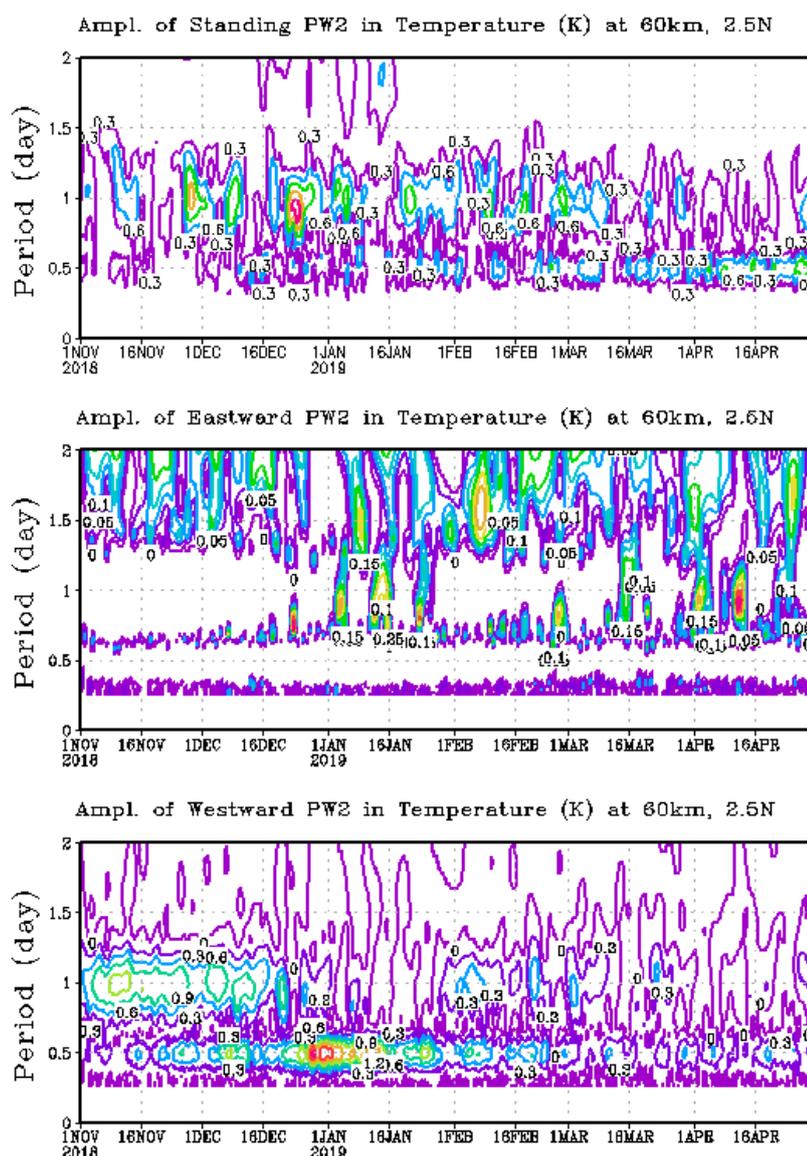


Рисунок 3.3 – Аналогично рисунку 3.2, но для второй гармоники

В 2018 г. (рис. 3.3 верхняя панель) суточные немигрирующие приливы в поле температуры отображаются в начале и второй половине декабря, с января до марта. Полусуточные мигрирующие приливы имеются с декабря до февраля 2019 г. (рис. 3.3 нижняя панель). Максимальные значения амплитуд

полусуточных мигрирующих приливов составили 1.5 К и выше в конце декабря, в начале января, минимальные значения – 0.3 К в начале ноября, в середине декабря и с февраля до конца апреля.

Считается, что немигрирующие приливы модулируются за счет солнечной радиации и выделения скрытого тепла при конденсации, вызванной фазовыми переходами при образовании систем глубокой конвекции в тропиках. На рис. 3.4 представлено распределение скрытого тепла в экваториальной области осредненное за декабрь 2018 г.

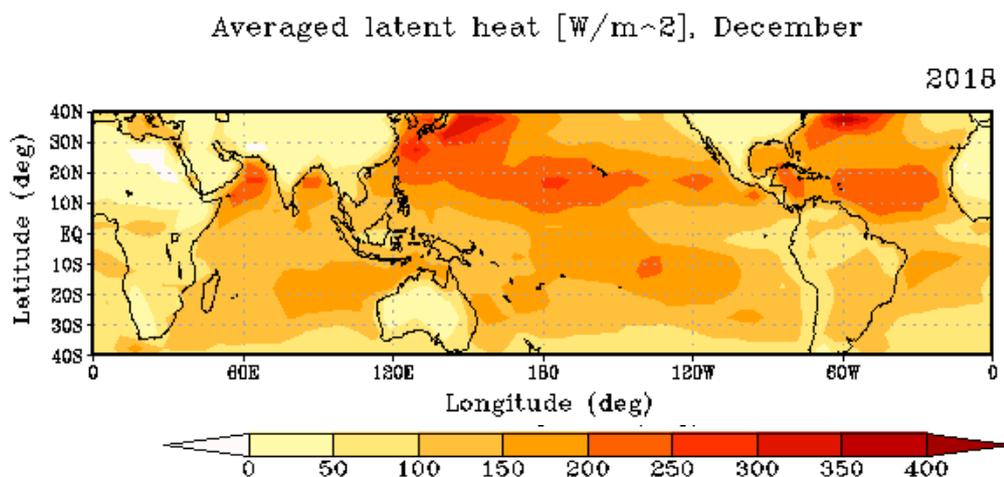


Рисунок 3.4 – Осредненное широтно-долготное распределение скрытого тепла (W/m^2) за декабрь 2018 г. Ось абсцисс – долгота (градусы), ось ординат – широта (градусы)

Зоны максимальных значений скрытого тепла в декабре 2018 г. наблюдаются в тропических и субтропических широтах между 10° с.ш. и 40° с.ш., и от 120° в.д. до нулевого меридиана и принимают значения $250 \text{ W}/\text{m}^2$ и выше.

Максимальные значения осредненного широтно-долготного распределения скрытого тепла наблюдаются на одних и тех же широтах и долготах во всех трех рассматриваемых холодных периодов, то далее данная закономерность рассматриваться не будет.

Так как, максимумы располагаются в разных локациях, то далее будет рассмотрено зонально-осредненное распределение скрытого тепла (рис. 3.5).

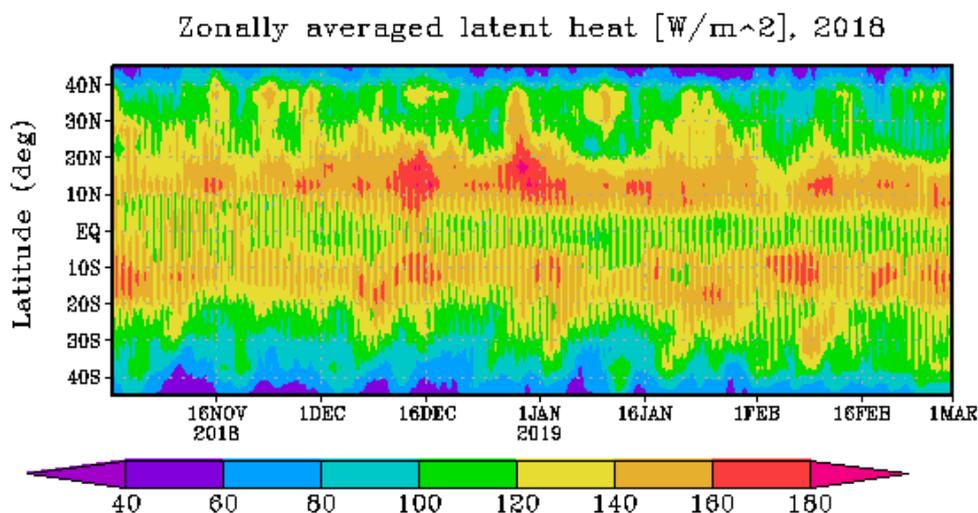


Рисунок 3.5 – Зонально-средненное распределение скрытого тепла (W/m^2) для холодного периода 2018-2019 гг. Ось абсцисс – период с ноября по март, ось ординат – широта (градусы)

Максимальные значения зонально-среднего скрытого тепла для 2018-2019 гг. (рис. 3.5) наблюдаются на широтах между 10° с.ш. и 20° с.ш. в середине декабря, в начале января и в первой половине февраля, их значения составили $160 W/m^2$ и выше.

Очевидно, что данные максимумы вносят большой вклад в усиление приливной компоненты в декабре 2018 г. немигрирующего суточного прилива (рис. 3.3 нижняя панель), а также незначительный вклад в амплитуды немигрирующего полусуточного (рис. 3.2 нижняя панель).

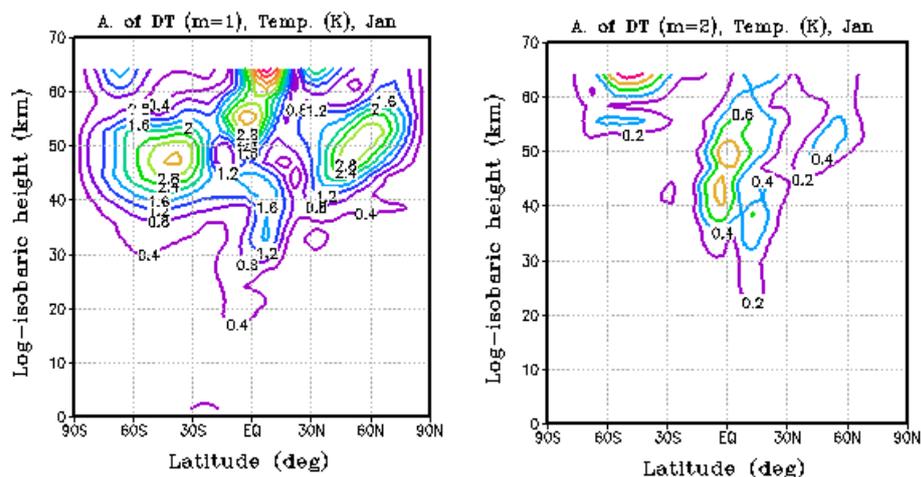


Рисунок 3.6 – Высотно-широтное распределение амплитуды первой и второй гармоники приливной компоненты в поле температуры (К) за январь 2019 г. Южного и Северного полушарий. Левая панель – распределение первой гармоники с частотой изолиний 0.4 К, правая панель – распределение второй гармоники с частотой изолиний 0.2 К. Ось абсцисс – широта (градусы), ось ординат – лог-изобарическая высота (км)

По результатам построения высотно-широтного распределения атмосферных приливов за январь 2019 г. (рис. 3.6) можно заметить, что максимальные значения амплитуд приливных компонент наблюдаются на высотах выше 40 км.

В январе 2019 г. максимальные значения амплитуд первой гармоники в поле температуры наблюдаются на 50 км на 55°с.ш. и достигают значения 2.8 К, а над экватором – на высоте от 55 км и выше, и соответственно имеют амплитуды больше 3.0 К (рис. 3.6 левая панель), а для второй гармоники максимальные значения наблюдаются над экватором на высоте от 40 км и выше, и соответственно достигают значений равных 0.8 К (рис. 3.6 правая панель).

Сезонный ход приливных компонент, рассматриваемый в поле температуры (рис. 3.2 и 3.3) традиционно анализируют у экватора. На рассматриваемой широте 2.5° с.ш. и высоте 60 км, максимальное значение

амплитуды первой гармоники составило 2.8 К (рис. 3.6 левая панель), а второй гармоники – 0.4 К (рис. 3.6 правая панель).

Так как, максимумы располагаются в разных локациях (рис. 3.4), то далее будет рассмотрено зонально-осредненное распределение скрытого тепла (рис. 3.5).

Максимальные значения зонально-осредненного скрытого тепла для 2018-2019 гг. (рис. 3.5) наблюдаются на широтах между 10° с.ш. и 20°с.ш. в середине декабря, в начале января и в первой половине февраля, их значения составили 160 В/м² и выше.

Очевидно, что данные максимумы вносят свой незначительный вклад в усиление приливной компоненты в январе 2019 г. немигрирующего суточного прилива (рис. 3.3 нижняя панель) и немигрирующего полусуточного (рис. 3.2 нижняя панель).

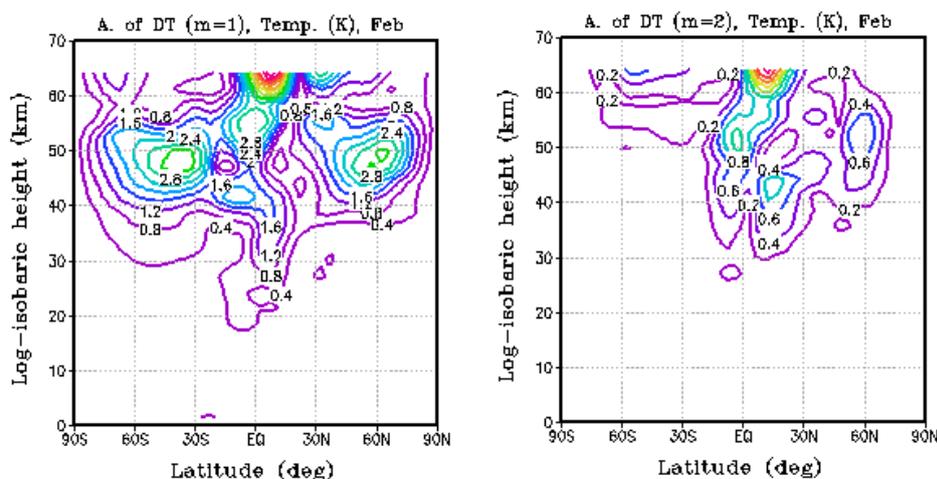


Рисунок 3.7 – Высотно-широтное распределение амплитуды первой и второй гармоники приливной компоненты в поле температуры (К) за февраль 2019 г. Южного и Северного полушарий. Левая панель – распределение первой гармоники с частотой изолиний 0.4 К, правая панель – распределение второй гармоники с частотой изолиний 0.2 К. Ось абсцисс – широта (градусы), ось ординат – лог-изобарическая высота (км)

По результатам построения высотно-широтного распределения атмосферных приливов за февраль 2019 г. (рис. 3.7) можно заметить, что

максимальные значения амплитуд приливных компонент наблюдаются на высотах выше 40 км.

В феврале 2019 г. максимальные значения амплитуд первой гармоники в поле температуры принимают на 50 км на 60°с.ш. и достигают значения 3.2 К, а над экватором – на высоте от 52 км и выше, и соответственно имеют амплитуды больше 2.8 К (рис. 3.7 левая панель), а для второй гармоники максимальные значения наблюдаются на высоте от 60 км и выше на 15°с.ш. и принимают значения больше 0.8 К (рис. 3.7 правая панель).

Сезонный ход приливных компонент, рассматриваемый в поле температуры (рис. 3.2 и 3.3) традиционно анализируют у экватора. На рассматриваемой широте 2.5° с.ш. и высоте 60 км, максимальное значение амплитуды первой гармоники составило 2.8 К (рис. 3.7 левая панель), а второй гармоники – 0.8 К (рис. 3.7 правая панель).

Так как, максимумы располагаются в разных локациях (рис. 3.4), то далее будет рассмотрено зонально-осредненное распределение скрытого тепла (рис. 3.5).

Максимальные значения зонально-осредненного скрытого тепла для 2018-2019 гг. (рис. 3.5) наблюдаются на широтах между 10° с.ш. и 20°с.ш. в середине декабря и в начале января и в первой половине февраля, их значения составили 160 В/м² и выше.

Очевидно, что данные максимумы вносят свой большой вклад в усиление приливной компоненты в феврале 2019 г. немигрирующего суточного прилива (рис. 3.3 нижняя панель), а также незначительный вклад в амплитуды немигрирующего полусуточного (рис. 3.2 нижняя панель).

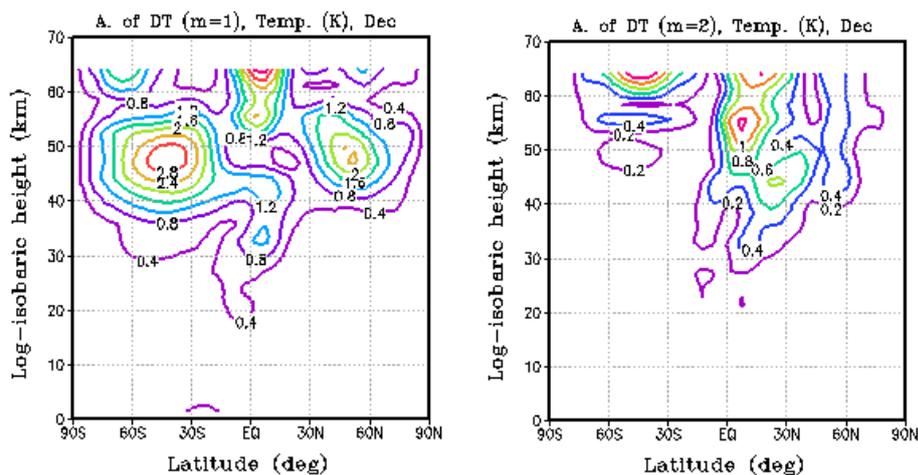


Рисунок 3.8 – Высотно-широтное распределение амплитуды первой и второй гармоник приливной компоненты в поле температуры (К) за декабрь 2019 г. Южного и Северного полушарий. Левая панель – распределение первой гармоник с частотой изолиний 0.4 К, правая панель – распределение второй гармоник с частотой изолиний 0.2 К. Ось абсцисс – широта (градусы), ось ординат – лог-изобарическая высота (км)

По результатам построения высотно-широтного распределения атмосферных приливов за декабрь 2019 г. (рис. 3.8) можно заметить, что максимальные значения амплитуд приливных компонент наблюдаются на высотах выше 40 км.

В декабре 2019 г. максимальные значения амплитуд первой гармоник в поле температуры наблюдаются на 48 км на 55°с.ш. и достигают значения 2.4 К, а над экватором – на высоте от 55 км и выше, и соответственно имеют амплитуды больше 2.4 К (рис. 3.8 левая панель), а для второй гармоник максимальные значения наблюдаются на высоте от 50 км и выше на 10° с.ш., и соответственно достигают значения 1.2 К (рис. 3.8 правая панель).

Сезонный ход приливных компонент, рассматриваемый в поле температуры (рис. 3.9 и 3.10) традиционно анализируют у экватора. На рассматриваемой широте 2.5° с.ш. и высоте 60 км, максимальное значение амплитуды первой гармоник составило 2.0 К (рис. 3.8 левая панель), а второй гармоник 0.8 К (рис. 3.8 правая панель).

Ниже на рисунках 3.9 и 3.10 представлены амплитуды стоячей и бегущих волн (на запад и на восток) на 2.5° с.ш. на высоте 60 км для всего холодного периода (с ноября по апрель) 2019-2020 гг. Распределения построены с целью оценить сезонный ход приливных компонент в поле температуры.

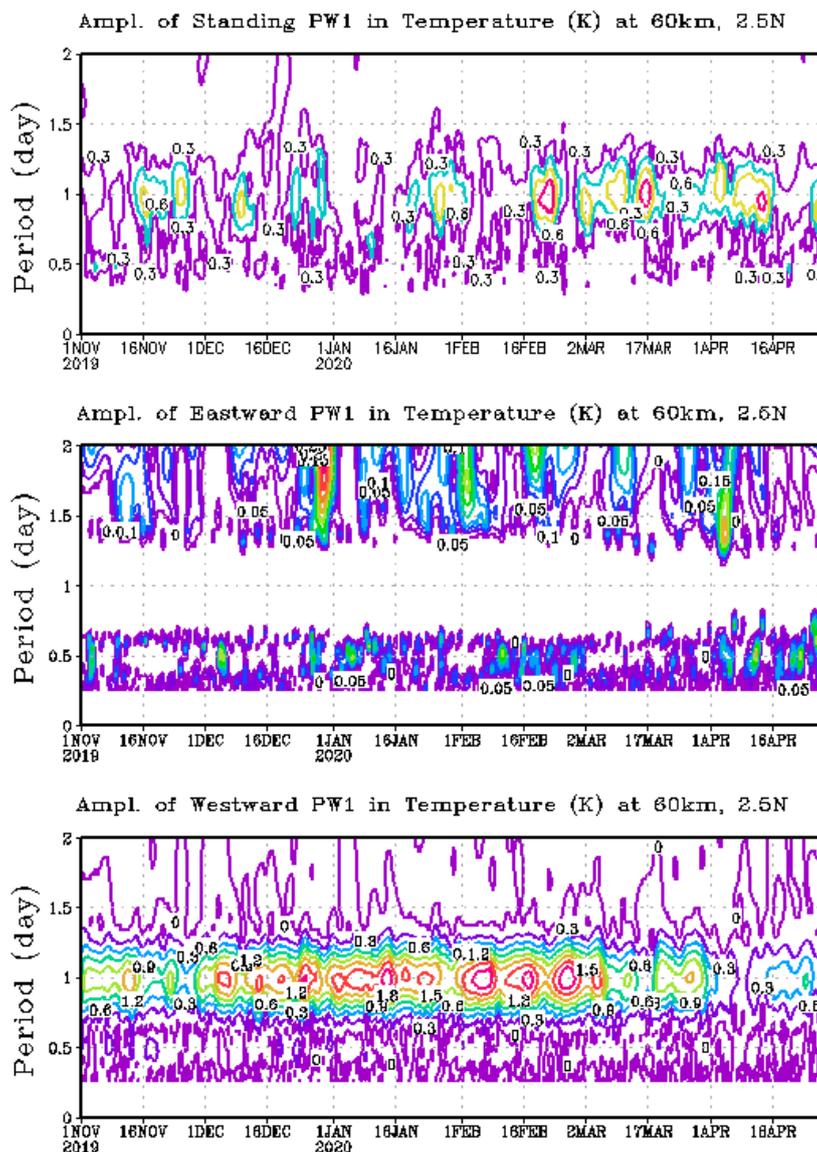


Рисунок 3.9 – Приливные амплитуды первой гармонике в поле температуры на 2.5° с.ш. на высоте 60 км для холодного периода 2019-2020 гг. Верхняя панель – распределение амплитуды стоячей волны с частотой изолиний 0.3 К, средняя панель – распределение амплитуды волны бегущей на восток с частотой изолиний 0.05 К, нижняя панель – распределение амплитуды волны бегущей на запад с частотой изолиний 0.3 К. Ось абсцисс – период с ноября по апрель, ось ординат – период волны (сутки)

В 2019 г. (рис. 3.9 верхняя панель) суточный мигрирующий прилив в поле температуры наблюдается в середине ноября, первой половине декабря, конце января, и со второй половины февраля до конца апреля. Мигрирующие суточные приливы проявляются в амплитуде бегущей на запад волны с начала ноября до конца марта и во второй половине апреля 2020 г. (рис. 3.9 нижняя панель). Максимальные значения амплитуд мигрирующих суточных приливов составили 2.1 К во второй половине декабря, в середине января и весь февраль, минимальные значения – 0.3 К в конце апреля.

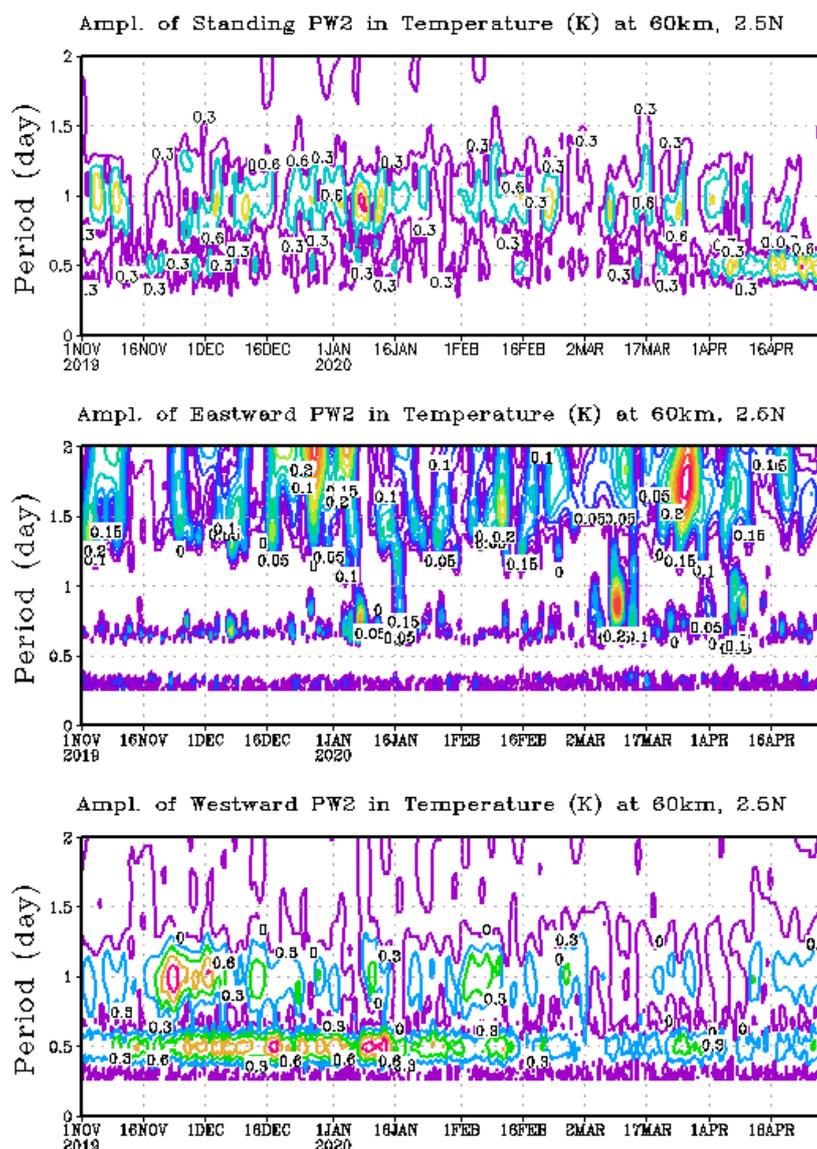


Рисунок 3.10 – Аналогично рисунку 3.9, но для второй гармоники

В 2019 г. (рис. 3.10 верхняя панель) немигрирующие суточные приливы в поле температуры наблюдаются в первой половине ноября, с начала декабря до

середины января, в первой половине февраля, с начала и до конца марта 2020 г.. Мигрирующие полусуточные приливы прослеживаются с середины ноября до середины февраля 2020 г. (рис. 3.10 нижняя панель). Максимальные значения амплитуд мигрирующих полусуточных приливов составили 1.2 К в середине декабря и первой половине января, минимальные значения – 0.3 К в марте и апреле.

Так как, максимумы располагаются в разных локациях (рис. 3.4), то далее будет рассмотрено зонально-осредненное распределение скрытого тепла (рис. 3.11).

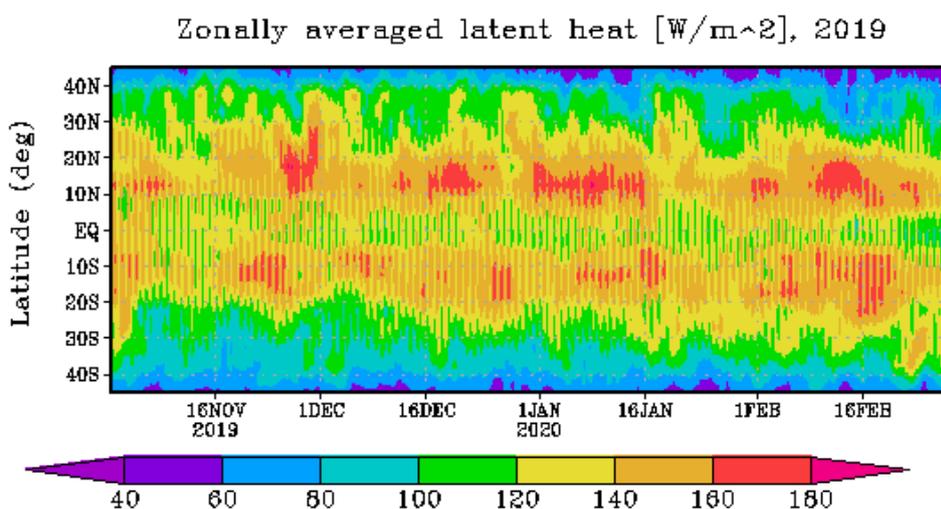


Рисунок 3.11 – Зонально-осредненное распределение скрытого тепла (W/m^2) для холодного периода 2019-2020 гг. Ось абсцисс – период с ноября по март, ось ординат – широта (градусы)

Максимальные значения зонально-осредненного скрытого тепла для 2019-2020 гг. (рис. 3.11) наблюдаются на широтах между 10° с.ш. и 30° с.ш. в конце ноября, между 10° с.ш. и 20° с.ш. во второй половине декабря, в первой половине января и февраля, их значения составили $160 W/m^2$ и выше.

Очевидно, что данные максимумы вносят значительно больший вклад в усиление приливной компоненты в декабре 2019 г. немигрирующего суточного прилива (рис. 3.10 нижняя панель), а также незначительный вклад в амплитуды немигрирующего полусуточного (рис. 3.9 нижняя панель).

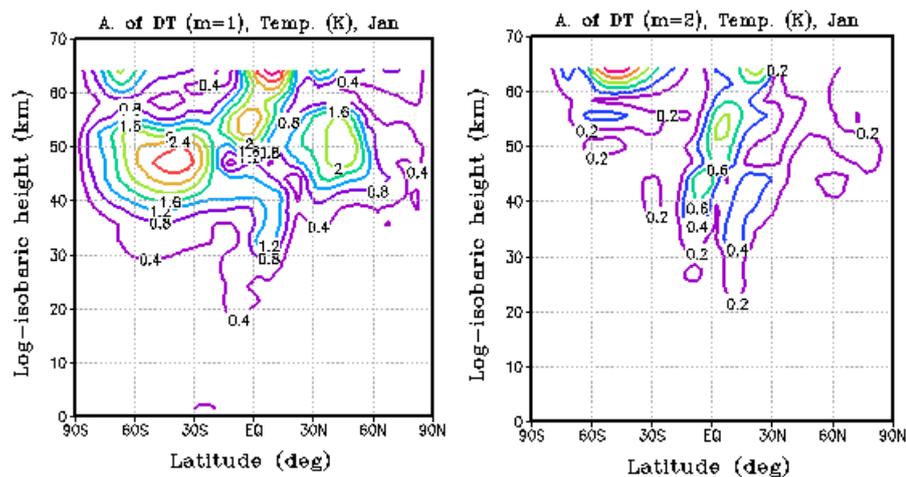


Рисунок 3.12 – Высотно-широтное распределение амплитуды первой и второй гармоники приливной компоненты в поле температуры (К) за январь 2020 г. Южного и Северного полушарий. Левая панель – распределение первой гармоники с частотой изолиний 0.4 К, правая панель – распределение второй гармоники с частотой изолиний 0.2 К. Ось абсцисс – широта (градусы), ось ординат – лог-изобарическая высота (км)

По результатам построения высотно-широтного распределения атмосферных приливов за январь 2020 г. (рис. 3.12) можно заметить, что максимальные значения амплитуд приливных компонент наблюдаются на высотах выше 40 км.

В январе 2020 г. максимальные значения амплитуд первой гармоники в поле температуры принимают на 50 км на 50°с.ш. и достигают значения 2.0 К, а над экватором – на высоте от 55 км и выше, и соответственно имеют амплитуды больше 2.4 К (рис. 3.12 левая панель), а для второй гармоники максимальные значения наблюдаются на высоте от 50 км и выше на 10°с.ш., и соответственно достигают значений равных 0.8 К (рис. 3.12 правая панель).

Сезонный ход приливных компонент, рассматриваемый в поле температуры (рис. 3.9 и 3.10) традиционно анализируют у экватора. На рассматриваемой широте 2.5° с.ш. и высоте 60 км, максимальное значение амплитуды первой гармоники составило 1.8 К (рис. 3.12 левая панель), а второй гармоники – 0.4 К (рис. 3.12 правая панель).

Так как, максимумы располагаются в разных локациях (рис. 3.4), то далее будет рассмотрено зонально-осредненное распределение скрытого тепла (рис. 3.11).

Максимальные значения зонально-осредненного скрытого тепла для 2019-2020 гг. (рис. 3.11) наблюдаются на широтах между 10° с.ш. и 30°с.ш. в конце ноября, между 10° с.ш. и 20°с.ш. во второй половине декабря, в первой половине января и февраля, их значения составили 160 В/м² и выше.

Очевидно, что данные максимумы вносят значительно больший вклад в усиление приливной компоненты в январе 2020 г. немигрирующего суточного прилива (рис. 3.10 нижняя панель), а также незначительный вклад в амплитуды немигрирующего полусуточного (рис. 3.9 нижняя панель).

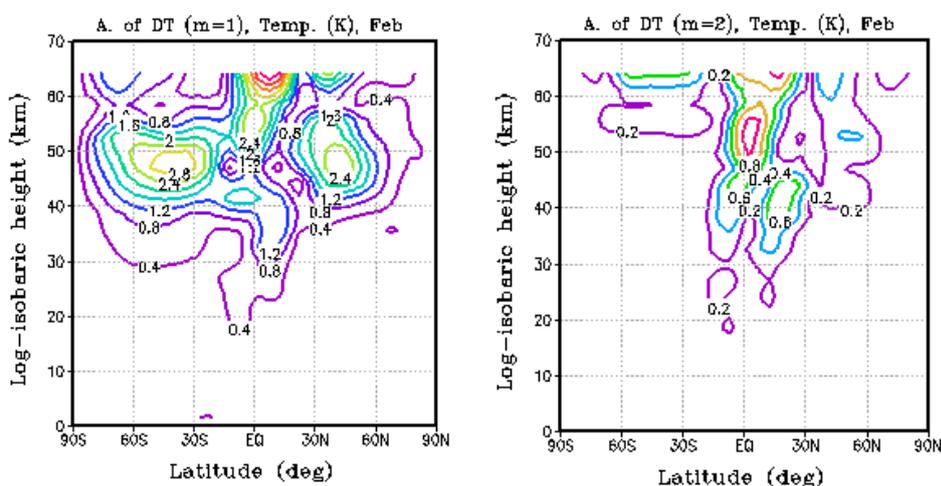


Рисунок 3.13 – Высотно-широтное распределение амплитуды первой и второй гармоники приливной компоненты в поле температуры (К) за февраль 2020 г. Южного и Северного полушарий. Левая панель – распределение первой гармоники с частотой изолиний 0.4 К, правая панель – распределение второй гармоники с частотой изолиний 0.2 К. Ось абсцисс – широта (градусы), ось ординат – лог-изобарическая высота (км)

По результатам построения высотно-широтного распределения атмосферных приливов за февраль 2020 г. (рис. 3.13) можно заметить, что максимальные значения амплитуд приливных компонент наблюдаются на высотах выше 40 км.

В феврале 2020 г. максимальные значения амплитуд первой гармоники в поле температуры принимают на 45 км на 40°с.ш. и достигают значения 2.4 К, а над экватором – на высоте от 55 км и выше, и соответственно имеют амплитуды больше 2.4 К (рис. 3.13 левая панель), а для второй гармоники максимальные значения наблюдаются на высоте от 50 км и выше на 5°с.ш. и принимают значения 1.0 К (рис. 3.13 правая панель).

Сезонный ход приливных компонент, рассматриваемый в поле температуры (рис. 3.9 и 3.10) традиционно анализируют у экватора. На рассматриваемой широте 2.5° с.ш. и высоте 60 км, максимальное значение амплитуды первой гармоники составило 2.8 К (рис. 3.13 левая панель), а второй гармоники – 0.6 К (рис. 3.13 правая панель).

Так как, максимумы располагаются в разных локациях (рис. 3.4), то далее будет рассмотрено зонально-осредненное распределение скрытого тепла (рис. 3.11).

Максимальные значения зонально-осредненного скрытого тепла для 2019-2020 гг. (рис. 3.11) наблюдаются на широтах между 10° с.ш. и 30°с.ш. в конце ноября, между 10° с.ш. и 20°с.ш. во второй половине декабря, в первой половине января и февраля, их значения составили 160 В/м² и выше.

Очевидно, что данные максимумы вносят значительно больший вклад в усиление приливной компоненты в феврале 2020 г. немигрирующего суточного прилива (рис. 3.10 нижняя панель), а также незначительный вклад в амплитуды немигрирующего полусуточного (рис. 3.9 нижняя панель).

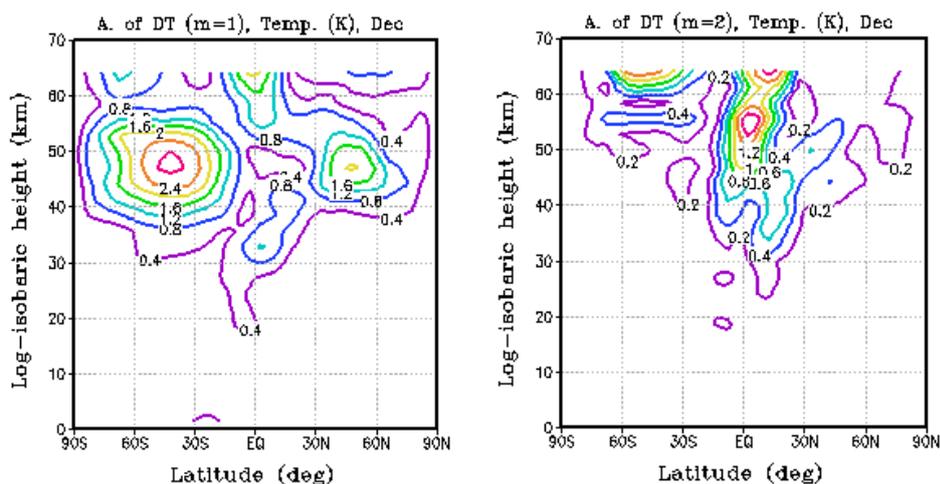


Рисунок 3.14 – Высотно-широтное распределение амплитуды первой и второй гармоники приливной компоненты в поле температуры (К) за декабрь 2020 г. Южного и Северного полушарий. Левая панель – распределение первой гармоники с частотой изолиний 0.4 К, правая панель – распределение второй гармоники с частотой изолиний 0.2 К. Ось абсцисс – широта (градусы), ось ординат – лог-изобарическая высота (км)

По результатам построения высотно-широтного распределения атмосферных приливов за декабрь 2020 г. (рис. 3.14) можно заметить, что максимальные значения амплитуд приливных компонент наблюдаются на высотах выше 40 км.

В декабре 2020 г. максимальные значения амплитуд первой гармоники в поле температуры принимают на 48 км на 45°с.ш. и достигают значения 2.0 К, а над экватором – на высоте от 60 км и выше, и соответственно имеют амплитуды равные 2.0 К (рис. 3.14 левая панель), а для второй гармоники максимальные значения наблюдаются на высоте 55 км и выше на 5°с.ш. и принимают значения 1.4 К (рис. 3.14 правая панель).

Сезонный ход приливных компонент, рассматриваемый в поле температуры (рис. 3.15 и 3.16) традиционно анализируют у экватора. На рассматриваемой широте 2.5° с.ш. и высоте 60 км, максимальное значение амплитуды первой гармоники составило 1.6 К (рис. 3.14 левая панель), а второй гармоники – 1.2 К (рис. 3.14 левая панель).

Ниже на рисунках 3.15 и 3.16 представлены амплитуды стоячей и бегущих волн (на запад и на восток) на 2.5° с.ш. на высоте 60 км для всего холодного периода (с ноября по апрель) 2020-2021 гг. Распределения построены с целью оценить сезонный ход приливных компонент в поле температуры.

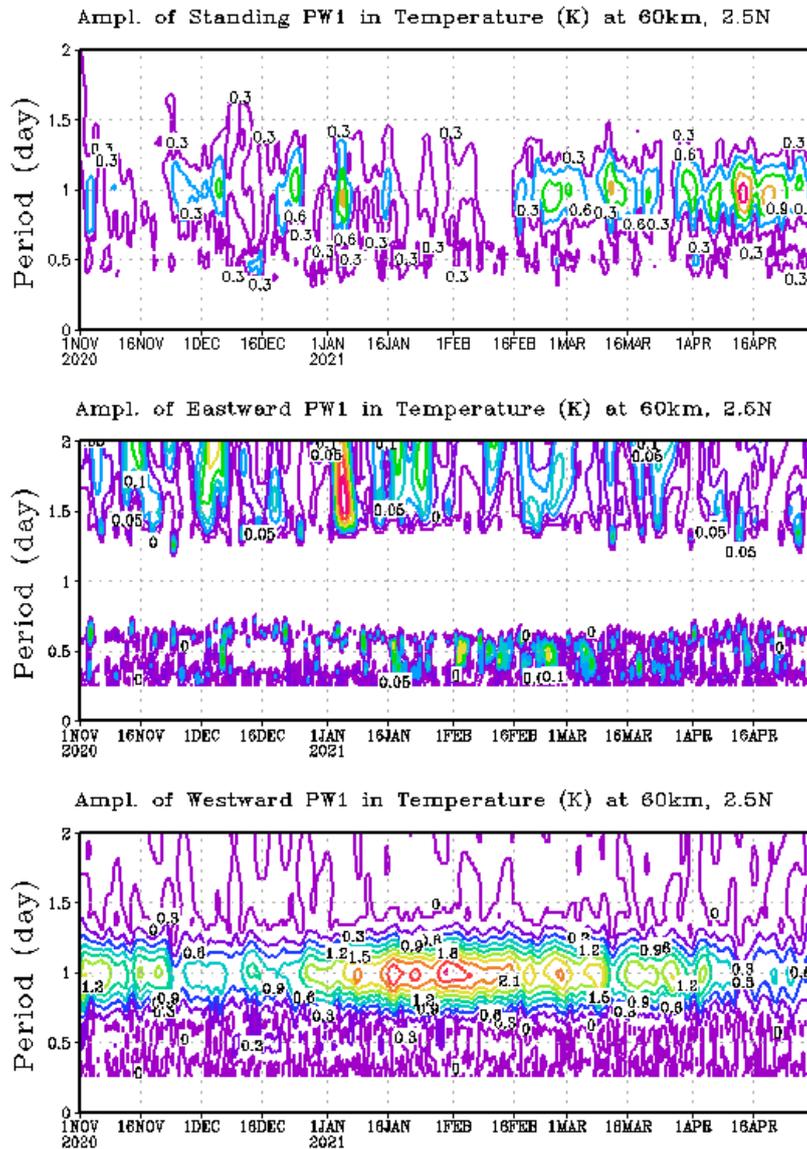


Рисунок 3.15 – Приливные амплитуды первой гармоники в поле температуры на 2.5° с.ш. на высоте 60 км для холодного периода 2020-2021 гг. Верхняя панель – распределение амплитуды стоячей волны с частотой изолиний 0.3 К, средняя панель – распределение амплитуды волны бегущей на восток с частотой изолиний 0.05 К, нижняя панель – распределение амплитуды волны бегущей на запад с частотой изолиний 0.3 К. Ось абсцисс – период с ноября по апрель, ось ординат – период волны (сутки)

В 2021 г. (рис. 3.15 верхняя панель) суточные мигрирующие приливы в поле температуры проявляются в начале января, со второй половины февраля до конца апреля. Мигрирующие суточные приливы наблюдаются с начала ноября до конца апреля 2021 г. (рис. 3.15 нижняя панель). Максимальные значения амплитуд мигрирующих суточных приливов составили 2.1 К и выше с середины января до середины февраля и в начале марта, минимальные значения – 0.6 К во второй половине апреля.

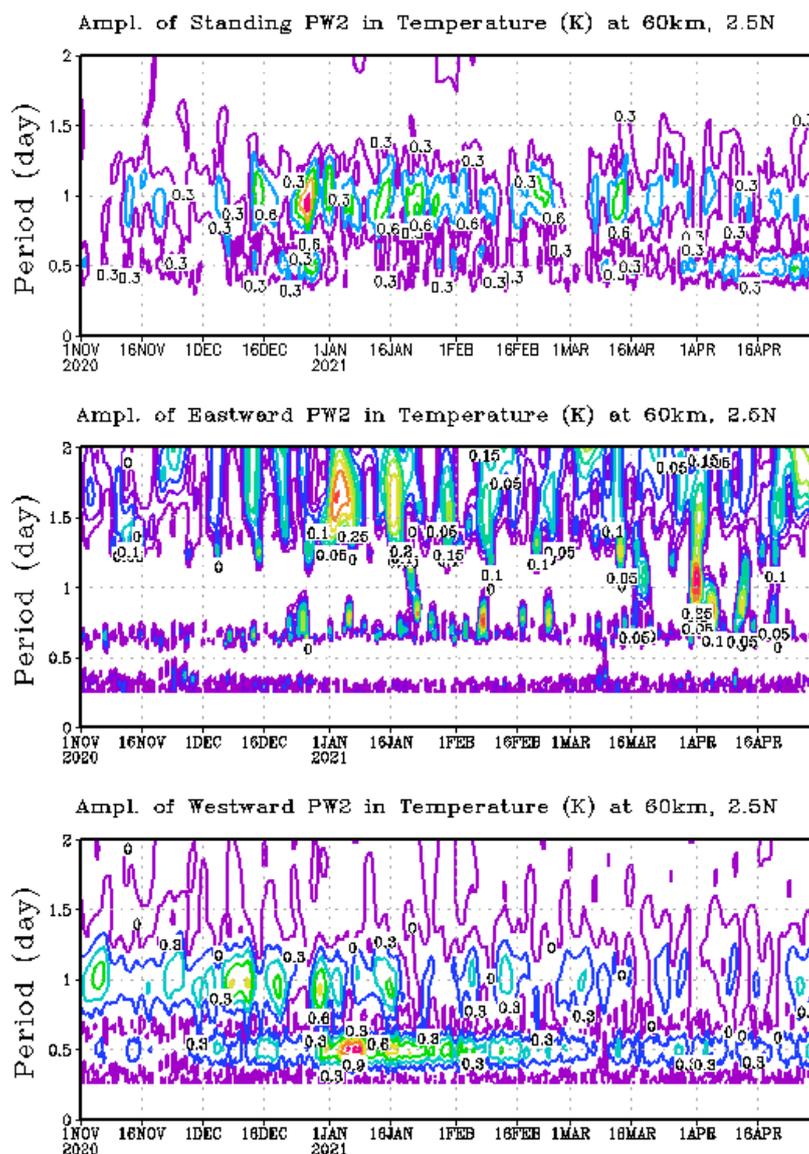


Рисунок 3.16 – Аналогично рисунку 3.15, но для второй гармоники

В 2020 г. (рис. 3.16 верхняя панель) немигрирующие суточные приливы в поле температуры прослеживаются с середины декабря до конца февраля, в первой половине марта. Мигрирующие полусуточные приливы проявляют себя

с начала января до середины февраля 2021 г. (рис. 3.16 нижняя панель). Максимальные значения амплитуд мигрирующих полусуточных приливов составили 1.2 К и выше в начале января, минимальные значения – 0.3 К в ноябре, декабре и с марта до апреля.

Так как, максимумы располагаются в разных локациях (рис. 3.4), то далее будет рассмотрено зонально-осредненное распределение скрытого тепла (рис. 3.17).

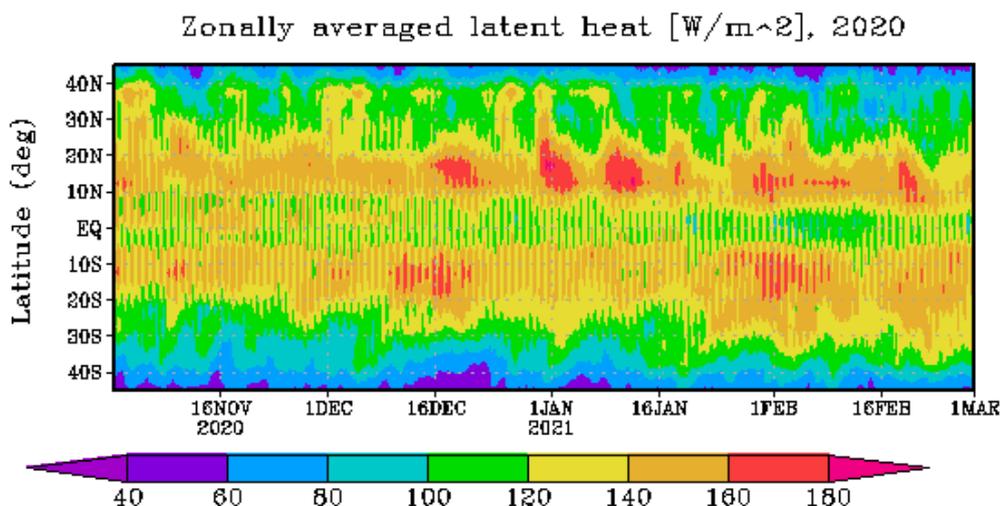


Рисунок 3.17 – Зонально-осредненное распределение скрытого тепла (W/m^2) для холодного периода 2020-2021 гг. Ось абсцисс – период с ноября по март, ось ординат – широта (градусы)

Максимальные значения зонально-осредненного скрытого тепла для 2020-2021 гг. (рис. 3.17) наблюдаются на широтах между 10° с.ш. и 20° с.ш. во второй половине декабря, в первой половине января и февраля, их значения составили $160 W/m^2$ и выше.

Очевидно, что данные максимумы вносят значительно больший вклад в усиление приливной компоненты в декабре 2020 г. немигрирующего суточного прилива (рис. 3.16 нижняя панель), а также незначительный вклад в амплитуды немигрирующего полусуточного (рис. 3.15 нижняя панель).

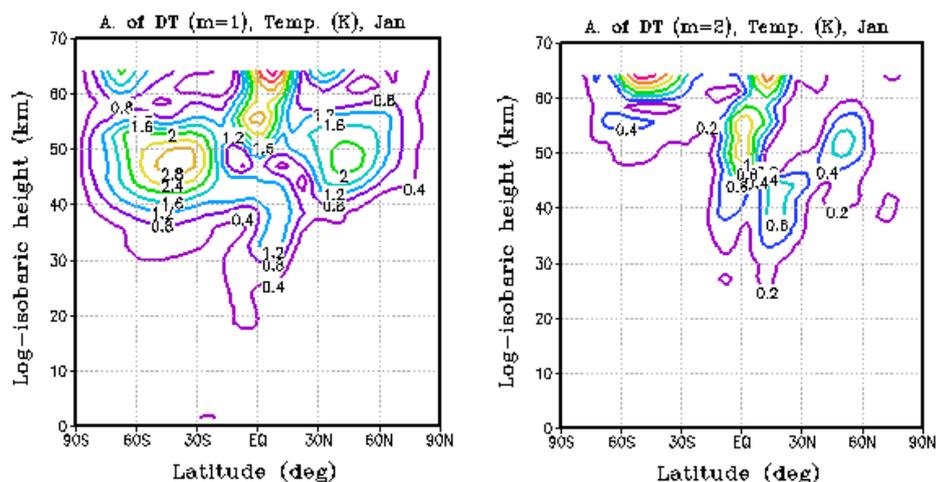


Рисунок 3.18 – Высотно-широтное распределение амплитуды первой и второй гармоники приливной компоненты в поле меридионального ветра (м/с) за январь 2021 г. Южного и Северного полушарий. Левая панель – распределение первой гармоники с частой изолиний 0.4 К, правая панель – распределение второй гармоники с частотой изолиний 0.2 К. Ось абсцисс – широта (градусы), ось ординат – лог-изобарическая высота (км)

По результатам построения высотно-широтного распределения атмосферных приливов за январь 2021 г. (рис. 3.18) можно заметить, что максимальные значения амплитуд приливных компонент наблюдаются на высотах выше 40 км.

В январе 2021 г. максимальные значения амплитуд первой гармоники в поле температуры принимают на 48 км на 50°с.ш. и достигают значения 2.0 К, а над экватором – на высоте от 55 км и выше, и соответственно имеют амплитуды больше 2.8 К (рис. 3.18 левая панель), а для второй гармоники максимальные значения наблюдаются над экватором на высоте от 49 км и выше, и соответственно достигают значений равных 1.0 К (рис. 3.18 правая панель).

Сезонный ход приливных компонент, рассматриваемый в поле температуры (рис. 3.15 и 3.16) традиционно анализируют у экватора. На рассматриваемой широте 2.5° с.ш. и высоте 60 км, максимальное значение

амплитуды первой гармоники составило 2.4 К (рис. 3.18 левая панель), а второй гармоники – 0.6 К (рис. 3.18 правая панель).

Так как, максимумы располагаются в разных локациях (рис. 3.4), то далее будет рассмотрено зонально-осредненное распределение скрытого тепла (рис. 3.17).

Максимальные значения зонально-осредненного скрытого тепла для 2020-2021 гг. (рис. 3.17) наблюдаются на широтах между 10° с.ш. и 20°с.ш. во второй половине декабря, в январе и феврале, их значения составили 160 В/м² и выше.

Очевидно, что данные максимумы вносят значительно больший вклад в усиление приливной компоненты в январе 2021 г. немигрирующего суточного прилива (рис. 3.16 нижняя панель), а также незначительный вклад в амплитуды немигрирующего полусуточного (рис. 3.15 нижняя панель).

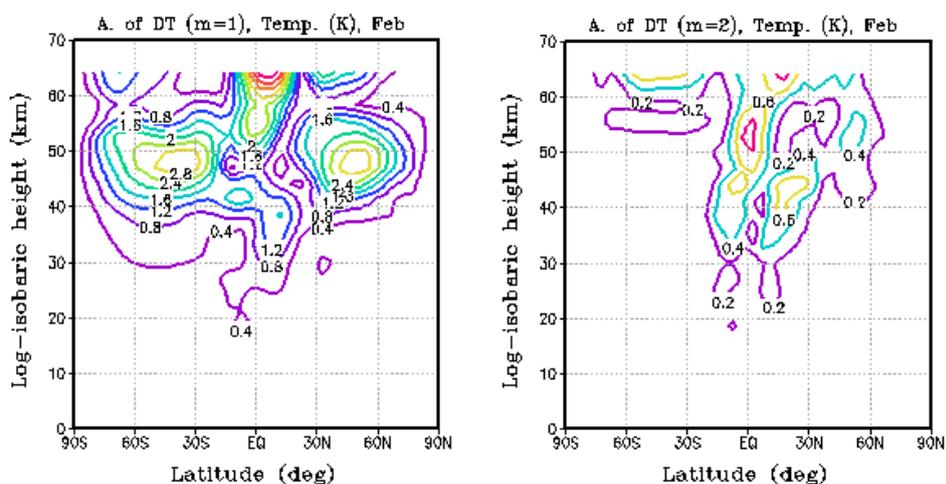


Рисунок 3.19 – Высотно-широтное распределение амплитуды первой и второй гармоники приливной компоненты в поле температуры (К) за февраль 2021 г. Южного и Северного полушарий. Левая панель – распределение первой гармоники с частотой изолиний 0.4 К, правая панель – распределение второй гармоники с частотой изолиний 0.2 К. Ось абсцисс – широта (градусы), ось ординат – лог-изобарическая высота (км)

По результатам построения высотно-широтного распределения атмосферных приливов за февраль 2021 г. (рис. 3.19) можно заметить, что

максимальные значения амплитуд приливных компонент наблюдаются на высотах выше 40 км.

В феврале 2021 г. максимальные значения амплитуд первой гармоники в поле температуры принимают на 48 км на 50° с.ш. и достигают значения 2.8 К, а над экватором – на высоте от 53 км и выше, и соответственно имеют амплитуды больше 2.4 К (рис. 3.19 левая панель), а для второй гармоники максимальные значения наблюдаются над экватором на высоте от 50 км и выше, и принимают значения 0.8 К (рис. 3.19 правая панель).

Сезонный ход приливных компонент, рассматриваемый в поле температуры (рис. 3.15 и 3.16) традиционно анализируют у экватора. На рассматриваемой широте 2.5° с.ш. и высоте 60 км, максимальное значение амплитуды первой гармоники составило 2.8 К (рис. 3.19 левая панель), а второй гармоники – 0.6 К (рис. 3.19 правая панель).

Так как, максимумы располагаются в разных локациях (рис. 3.4), то далее будет рассмотрено зонально-осредненное распределение скрытого тепла (рис. 3.17).

Максимальные значения зонально-осредненного скрытого тепла для 2020-2021 гг. (рис. 3.17) наблюдаются на широтах между 10° с.ш. и 20° с.ш. во второй половине декабря, в январе и феврале, их значения составили 160 В/м² и выше.

Очевидно, что данные максимумы вносят значительно больший вклад в усиление приливной компоненты в феврале 2021 г. немигрирующего суточного прилива (рис. 3.16 нижняя панель), а также незначительный вклад в амплитуды немигрирующего полусуточного (рис. 3.15 нижняя панель).

На основе построений первой и второй гармоники поля температуры на 2.5° с.ш. на высоте 60 км, можно утверждать, что максимальная амплитуда суточных немигрирующих приливов наблюдается в каждом декабре из трех рассмотренных холодных периодов и достигает значений 0.9 К, однако декабрь 2019 г. демонстрирует самую большую амплитуду равную 1.2 К, амплитуда

мигрирующих суточных и полусуточных приливов – чаще в январе месяце 2019 и 2021 гг. и ее значения составляют 2.4 К и 1.8 К соответственно.

3.2 Построение приливов в поле меридиональной компоненты ветра

Поле ветра – пространственное распределение скорости и направления ветра, в каждой точке пространства характеризующегося вектором.

Результаты построения меридиональной составляющей поля ветра первой и второй гармоники на 52.5° с.ш. отображают суточные мигрирующие и немигрирующие приливы.

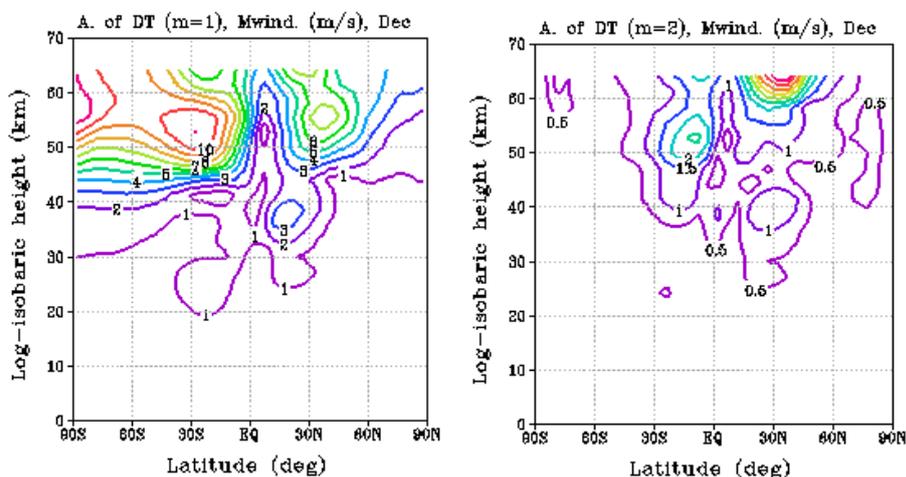


Рисунок 3.20 – Высотно-широтное распределение амплитуды первой и второй гармоники приливной компоненты в поле меридионального ветра (м/с) за декабрь 2018 г. Южного и Северного полушарий. Левая панель – распределение первой гармоники с частотой изолиний 1.0 м/с, правая панель – распределение второй гармоники с частотой изолиний 0.5 м/с. Ось абсцисс – широта (градусы), ось ординат – лог-изобарическая высота (км)

По результатам построения высотно-широтного распределения атмосферных приливов за декабрь 2018 г. (рис. 3.20) можно заметить, что максимальные значения амплитуд приливных компонент в поле меридиональной компоненты ветра наблюдаются на высотах выше 50 км.

В декабре 2018 г. максимальные значения амплитуд первой гармоники в поле меридионального ветра наблюдаются выше 50 км в средних широтах и достигают значений равных 6.0 м/с (рис. 3.20 левая панель), а для второй гармоники максимальные значения наблюдаются выше 60 км на 30° с.ш. и достигают значений больше 3.0 м/с (рис. 3.20 правая панель).

Сезонный ход приливных компонент, рассматриваемый в поле меридионального ветра (рис. 3.21 и 3.22) традиционно анализируют в средних широтах. На рассматриваемой широте 52.5° с.ш. и высоте 60 км, максимальное значение амплитуды первой гармоники составило 5.0 м/с (рис. 3.20 левая панель), а второй гармоники – 1.5 м/с (рис. 3.20 правая панель).

Ниже на рисунках 3.21 и 3.22 представлены амплитуды стоячей и бегущих волн (на запад и на восток) на 52° с.ш. на высоте 60 км для всего холодного периода (с ноября по апрель) 2018-2019 гг. Распределения построены с целью оценить сезонный ход приливных компонент в поле меридиональной компоненты ветра.

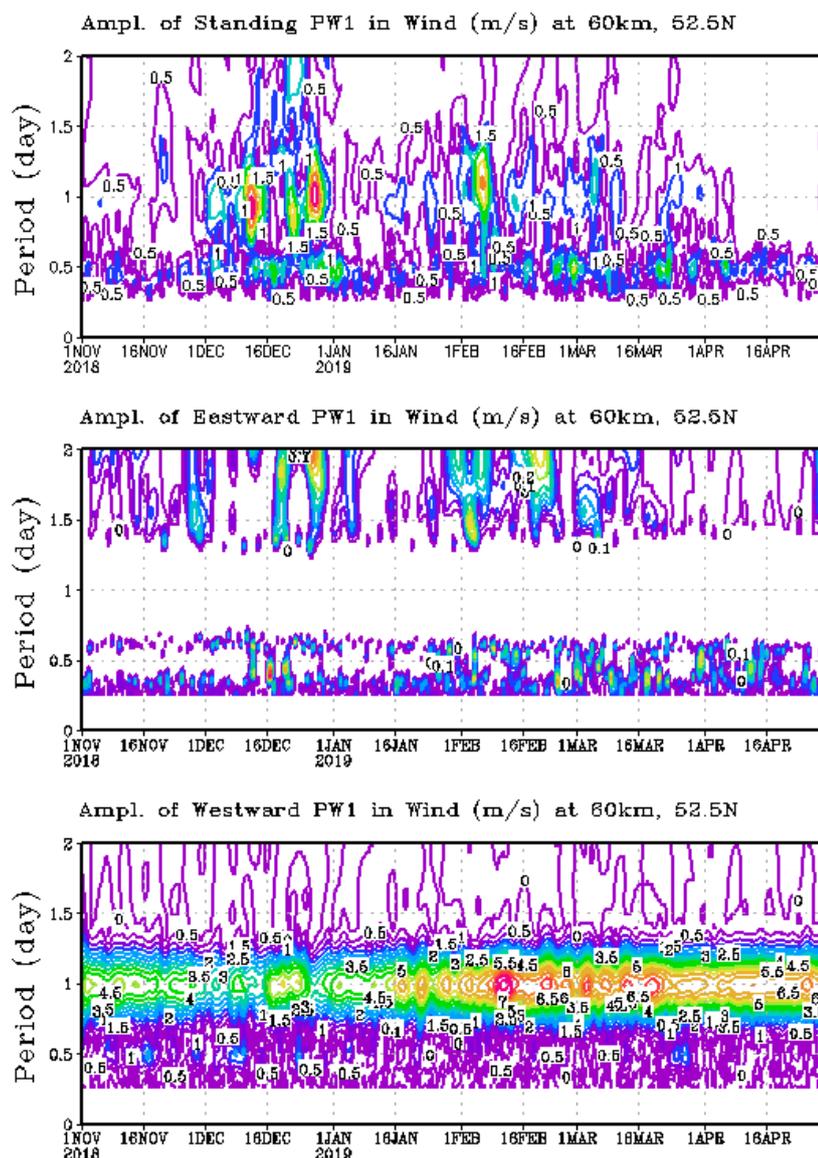


Рисунок 3.21 – Приливные амплитуды первой гармонике в поле меридиональной компоненты ветра на 52.5° с.ш. на высоте 60 км для холодного периода 2018-2019 гг. Верхняя панель – распределение амплитуды стоячей волны с частотой изолиний 0.5 м/с, средняя панель – распределение амплитуды волны бегущей на восток с частотой изолиний 0.1 м/с, нижняя панель – распределение амплитуды волны бегущей на запад с частотой изолиний 0.5 м/с. Ось абсцисс – период с ноября по апрель, ось ординат – период волны (сутки)

В 2018 г. (рис. 3.21 верхняя панель) суточный мигрирующий прилив в поле меридиональной компоненты ветра имеет максимальные амплитуды с середины декабря до января, и в первой половине февраля. В амплитуде волны

бегущей на восток (рис. 3.21 средняя панель) не просматривается приливных компонент на всем рассматриваемом временном интервале всех трех холодных периодов. Суточные мигрирующие приливы отображаются в амплитуде бегущих на запад волн (рис. 3.21 нижняя панель) с начала ноября до конца апреля 2019 г. Максимальные значения амплитуд суточных мигрирующих приливов составили 7.0 м/с и выше в первой половине февраля и марта, минимальные значения – 3.5 м/с в начале декабря.

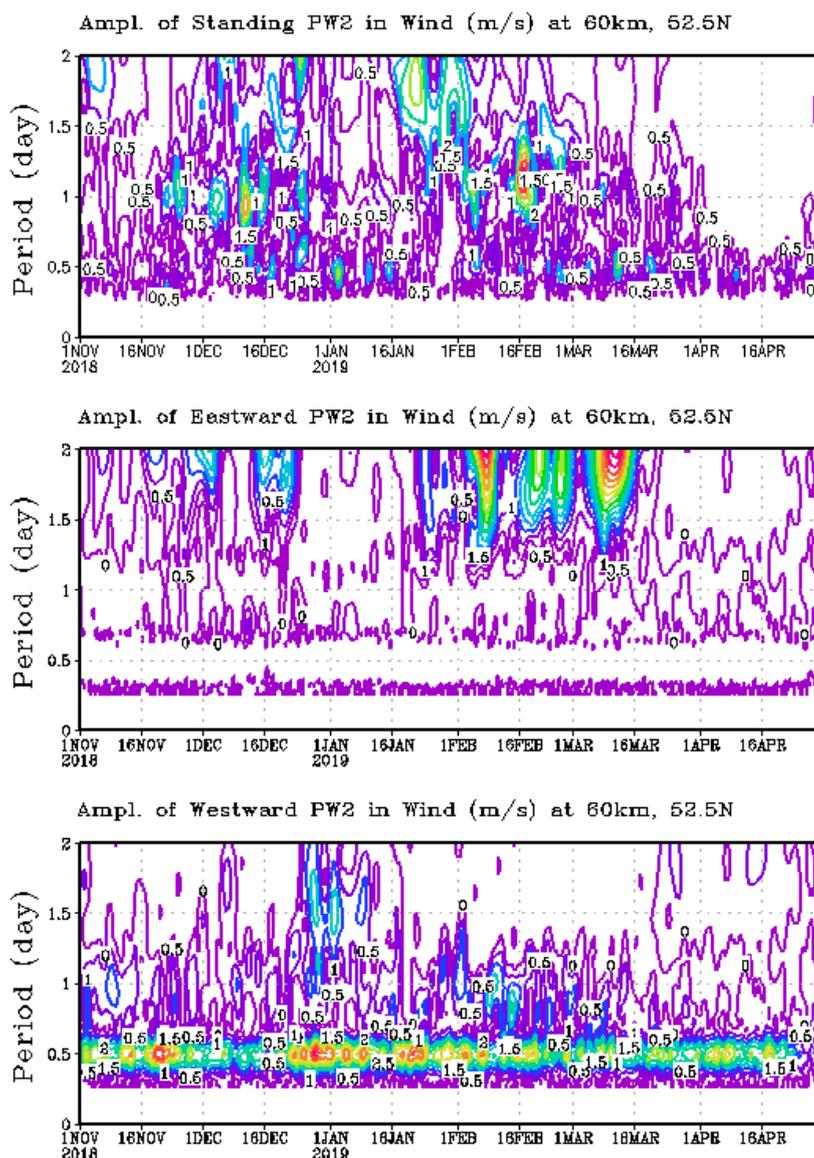


Рисунок 3.22 – Аналогично рисунку 3.21, но для второй гармоники

В 2018 г. (рис. 3.22 верхняя панель) суточные немигрирующие приливы проявляются в первой половине декабря и середине февраля. Полусуточные мигрирующие приливы в поле меридиональной компоненты ветра

наблюдаются с начала ноября до середины апреля 2019 г. (рис. 3.22 нижняя панель). Максимальные значения амплитуд полусуточных мигрирующих приливов составили 2.5 м/с и выше во второй половине ноября и января, в конце декабря, и в начале февраля, минимальные значения – 1.5 м/с в первой половине декабря и в конце апреля.

Считается, что немигрирующие приливы модулируются за счет солнечной радиации и выделения скрытого тепла при конденсации, вызванной фазовыми переходами при образовании систем глубокой конвекции в тропиках. На рис. 3.23 представлено распределение скрытого тепла в экваториальной области осредненное за декабрь 2018 г.

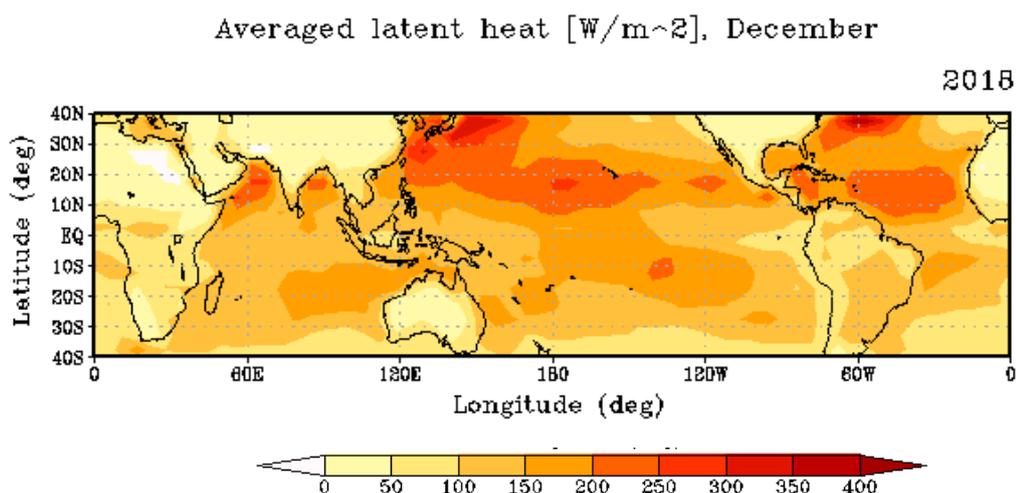


Рисунок 3.23 – Осредненное широтно-долготное распределение скрытого тепла (W/m^2) за декабрь 2018 г. Ось абсцисс – долгота (градусы), ось ординат – широта (градусы)

Зоны максимальных значений скрытого тепла в декабре 2018 г. наблюдаются в тропических и субтропических широтах между 10° с.ш. и 40° с.ш., и от 120° в.д. до нулевого меридиана и принимают значения $250 W/m^2$ и выше.

Максимальные значения осредненного широтно-долготного распределения скрытого тепла наблюдаются на одних и тех же широтах и

долготах во всех трех рассматриваемых холодных периодах, то далее данная закономерность рассматриваться не будет.

Так как, максимумы располагаются в разных зонах, то далее будет рассмотрено зонально-средненное распределение скрытого тепла (рис. 3.24).

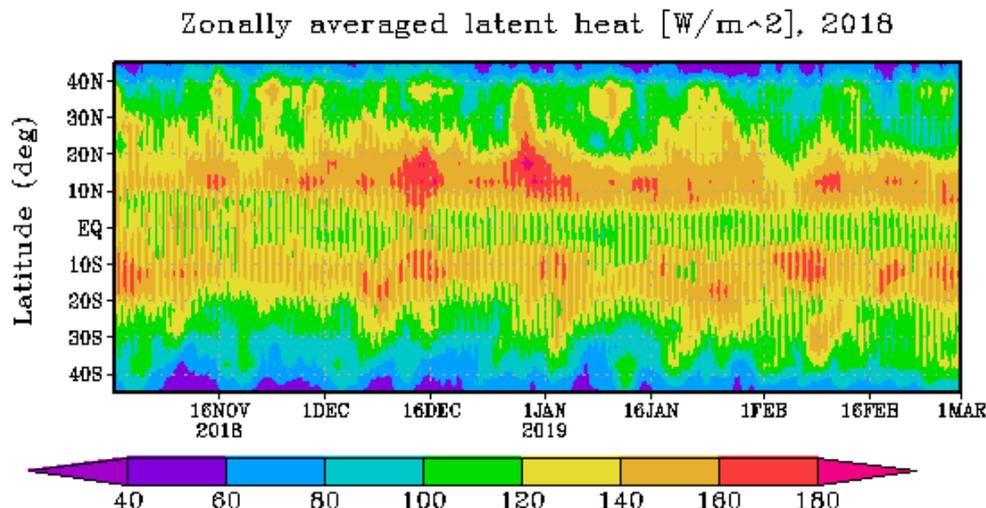


Рисунок 3.24 – Зонально-средненное распределение скрытого тепла (W/m^2) для холодного периода 2018-2019 гг. Ось абсцисс – период с ноября по март, ось ординат – широта (градусы)

Максимальные значения зонально-средненного скрытого тепла для 2018-2019 гг. наблюдаются на широтах между 10° с.ш. и 20° с.ш. в середине декабря, в начале января и в первой половине февраля, их значения составили $160 \text{ W}/\text{m}^2$ и выше.

Очевидно, что данные максимумы вносят свой незначительный вклад в усиление приливной компоненты в декабре 2018 г. немигрирующего суточного прилива (рис. 3.22 нижняя панель), а также значительно больший вклад в амплитуды немигрирующего полусуточного (рис. 3.21 нижняя панель).

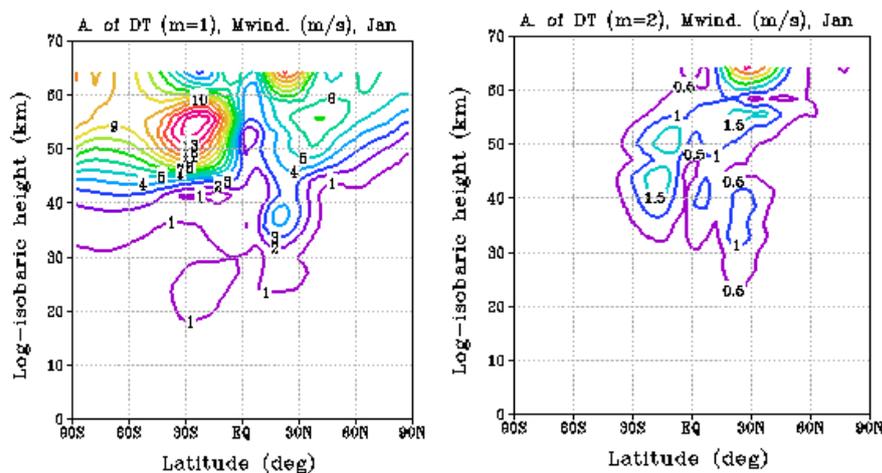


Рисунок 3.25 – Высотно-широтное распределение амплитуды первой и второй гармоники приливной компоненты в поле меридионального ветра (м/с) за январь 2019 г. Южного и Северного полушарий. Левая панель – распределение первой гармоники с частотой изолиний 1.0 м/с, правая панель – распределение второй гармоники с частотой изолиний 0.5 м/с. Ось абсцисс – широта (градусы), ось ординат – лог-изобарическая высота (км)

По результатам построения высотно-широтного распределения атмосферных приливов за январь 2019 г. (рис. 3.25) можно заметить, что максимальные значения амплитуд приливных компонент в поле меридиональной компоненты ветра наблюдаются на высотах выше 50 км.

В январе 2019 г. максимальные значения амплитуд первой гармоники в поле меридионального ветра принимают выше 60 км на 25° с.ш. и достигают значений равных выше 7.0 м/с (рис.3.25 левая панель), а для второй гармоники максимальные значения наблюдаются выше 60 км на 30° с.ш. и достигают значений больше 1.5 м/с (рис. 3.25 правая панель).

Сезонный ход приливных компонент, рассматриваемый в поле меридионального ветра (рис. 3.21 и 3.22) традиционно анализируют в средних широтах. На рассматриваемой широте 52.5° с.ш. и высоте 60 км, максимальное значение амплитуды первой гармоники составило 6.0 м/с (рис. 3.25 левая панель), а второй гармоники – 0.5 м/с (рис. 3.25 правая панель).

Так как, максимумы располагаются в разных зонах (рис. 3.23), то далее будет рассмотрено зонально-осредненное распределение скрытого тепла (рис. 3.24).

Максимальные значения зонально-осредненного скрытого тепла для 2018-2019 гг. (рис. 3.24) наблюдаются на широтах между 10° с.ш. и 20°с.ш. в середине декабря и в начале января и в первой половине февраля, их значения составили 160 В/м² и выше.

Очевидно, что данные максимумы вносят свой незначительный вклад в усиление приливной компоненты в январе 2019 г. немигрирующего суточного прилива (рис. 3.22 нижняя панель), а также значительно больший вклад в амплитуды немигрирующего полусуточного (рис. 3.21 нижняя панель).

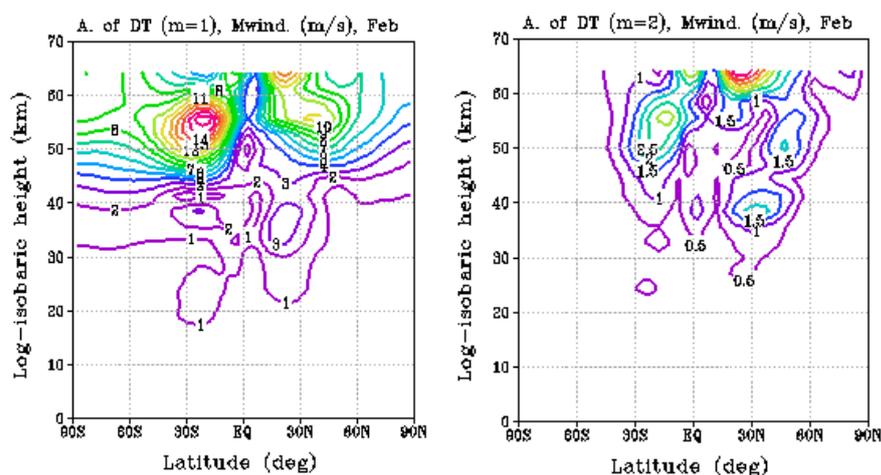


Рисунок 3.26 – Высотно-широтное распределение амплитуды первой и второй гармоник приливной компоненты в поле меридионального ветра (м/с) за февраль 2019 г. Южного и Северного полушарий. Левая панель – распределение первой гармоник с частотой изолиний 1.0 м/с, правая панель – распределение второй гармоник с частотой изолиний 0.5 м/с. Ось абсцисс – широта (градусы), ось ординат – лог-изобарическая высота (км)

По результатам построения высотно-широтного распределения атмосферных приливов за февраль 2019 г. (рис. 3.26) можно заметить, что

максимальные значения амплитуд приливных компонент в поле меридиональной компоненты ветра наблюдаются на высотах выше 50 км.

В феврале 2019 г. максимальные значения амплитуд первой гармоники в поле меридионального ветра принимают выше 50 км в средних широтах и достигают значений равных больше 10.0 м/с (рис. 3.26 левая панель), а для второй гармоники максимальные значения наблюдаются выше 60 км на 30° с.ш. и достигают значений больше 2.5 м/с (рис. 3.26 правая панель).

Сезонный ход приливных компонент, рассматриваемый в поле меридионального ветра (рис. 3.21 и 3.22) традиционно анализируют в средних широтах. На рассматриваемой широте 52.5° с.ш. и высоте 60 км, максимальное значение амплитуды первой гармоники составило 8.0 м/с (рис. 3.26 левая панель), а второй гармоники – 1.5 м/с (рис. 3.26 правая панель).

Так как, максимумы располагаются в разных зонах (рис. 3.23), то далее будет рассмотрено зонально-осредненное распределение скрытого тепла (рис. 3.24).

Максимальные значения зонально-осредненного скрытого тепла для 2018-2019 гг. (рис. 3.24) наблюдаются на широтах между 10° с.ш. и 20° с.ш. в середине декабря и в начале января и в первой половине февраля, их значения составили 160 В/м² и выше.

Очевидно, что данные максимумы вносят значительно больший вклад в усиление приливной компоненты в феврале 2019 г. немигрирующего суточного прилива (рис. 3.22 нижняя панель), а также незначительный вклад в амплитуды немигрирующего полусуточного (рис. 3.21 нижняя панель).

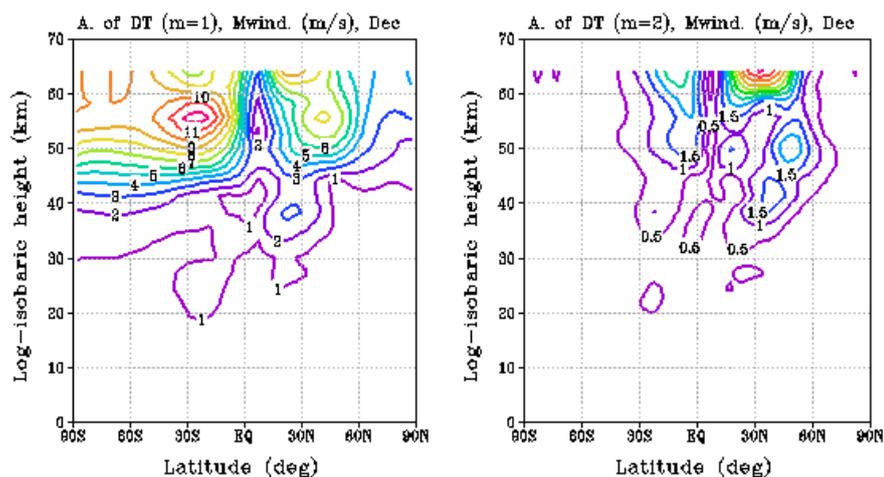


Рисунок 3.27 – Высотно-широтное распределение амплитуды первой и второй гармоники приливной компоненты в поле меридионального ветра (м/с) за декабрь 2019 г. Южного и Северного полушарий. Левая панель – распределение первой гармоники с частотой изолиний 1.0 м/с, правая панель – распределение второй гармоники с частотой изолиний 0.5 м/с. Ось абсцисс – широта (градусы), ось ординат – лог-изобарическая высота (км)

По результатам построения высотно-широтного распределения атмосферных приливов за декабрь 2019 г. (рис. 3.27) можно заметить, что максимальные значения амплитуд приливных компонент в поле меридиональной компоненты ветра наблюдаются на высотах выше 50 км.

В декабре 2019 г. максимальные значения амплитуд первой гармоники в поле меридионального ветра принимают выше 50 км в средних широтах и достигают значений равных больше 6.0 м/с (рис.3.27 левая панель), а для второй гармоники максимальные значения наблюдаются выше 60 км на 30°с.ш. и достигают значений больше 3.0 м/с (рис. 3.27 правая панель).

Сезонный ход приливных компонент, рассматриваемый в поле меридионального ветра (рис. 3.21 и 3.22) традиционно анализируют в средних широтах. На рассматриваемой широте 52.5° с.ш. и высоте 60 км, максимальное значение амплитуды первой гармоники составило 6.0 м/с (рис. 3.27 левая панель), а второй гармоники – 2.5 м/с (рис. 3.27 правая панель).

Ниже на рисунках 3.28 и 3.29 представлены амплитуды стоячей и бегущих волн (на запад и на восток) на 52° с.ш. на высоте 60 км для всего холодного периода (с ноября по апрель) 2019-2020 гг. Распределения построены с целью оценить сезонный ход приливных компонент в поле меридиональной компоненты ветра.

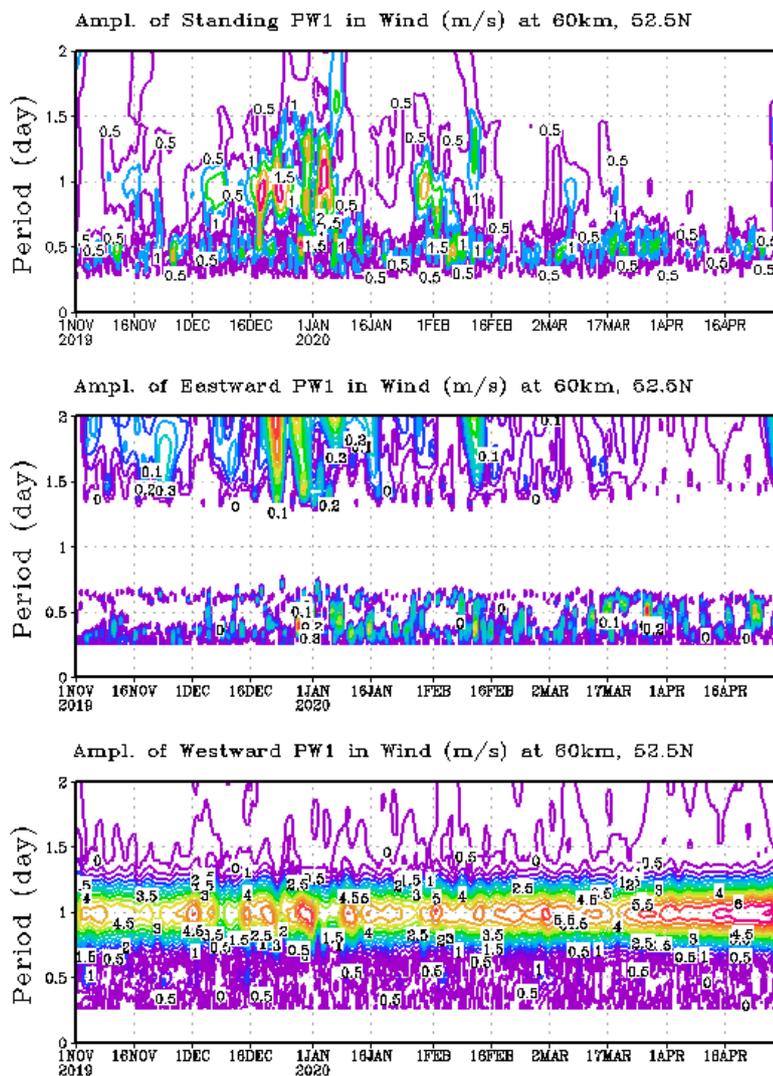


Рисунок 3.28 – Приливные амплитуды первой гармоники в поле меридиональной компоненты ветра на 52.5° с.ш. на высоте 60 км для холодного периода 2019-2020 гг. Верхняя панель – распределение амплитуды стоячей волны с частотой изолиний 0.5 м/с, средняя панель – распределение амплитуды волны бегущей на восток с частотой изолиний 0.1 м/с, нижняя панель – распределение амплитуды волны бегущей на запад с частотой изолиний 0.5 м/с. Ось абсцисс – период с ноября по апрель, ось ординат – период волны (сутки)

В 2019 г. (рис. 3.28 верхняя панель) суточные мигрирующие приливы прослеживаются с середины декабря до января, и вначале февраля. Суточные мигрирующие приливы наблюдаются в амплитуде бегущих на запад волн с начала ноября до конца апреля 2020 г. (рис. 3.28 нижняя панель). Максимальные значения амплитуд составили 5.0 м/с и выше в начале ноября, во второй половине декабря, в начале января и с февраля до апреля, минимальные значения – 4.0 м/с в первой половине декабря.

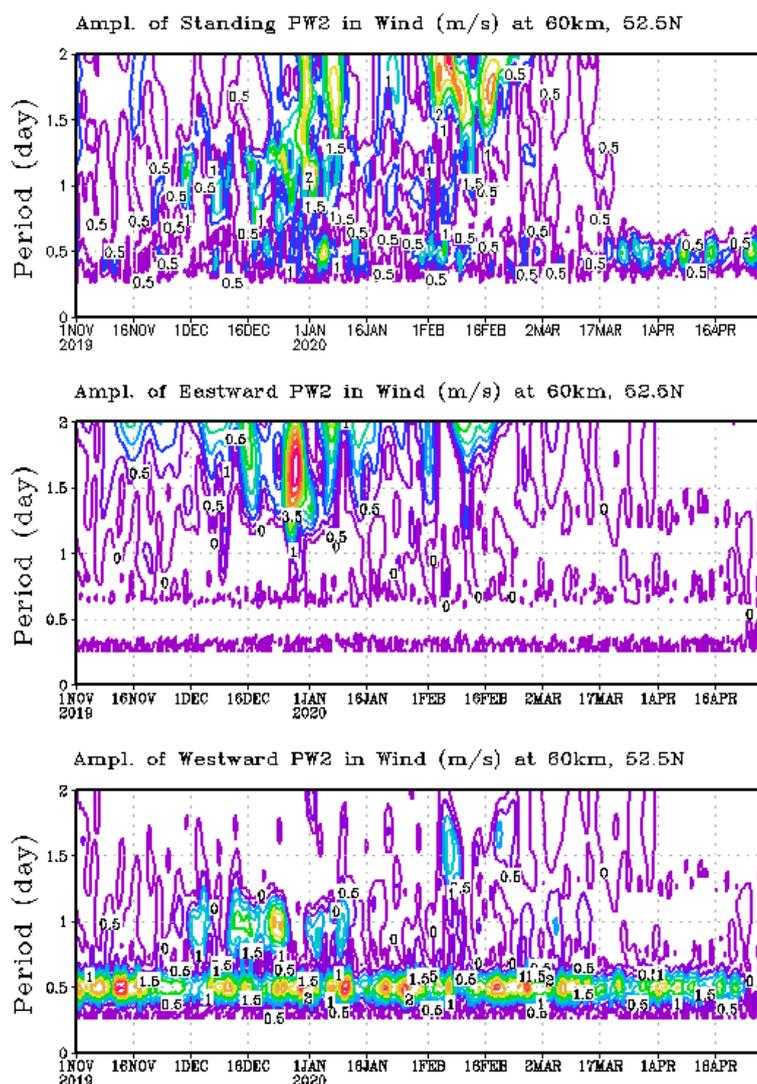


Рисунок 3.29 – Аналогично рисунку 3.28, но для второй гармоники

В 2019 г. (рис. 3.29 верхняя панель) суточные немигрирующие приливы проявляют себя в начале января. Полусуточные мигрирующие приливы в поле меридиональной компоненты ветра имеются с начала ноября до середины апреля 2020 г. (рис. 3.29 нижняя панель). Максимальные значения амплитуд составили 2.5 м/с и выше в первой половине ноября, в конце декабря, в начале

и конце января и февраля, минимальные значения – 1.0 м/с в первой половине февраля и в конце апреля.

Так как, максимумы располагаются в разных зонах (рис. 3.23), то далее будет рассмотрено зонально-осредненное распределение скрытого тепла (рис. 3.30).

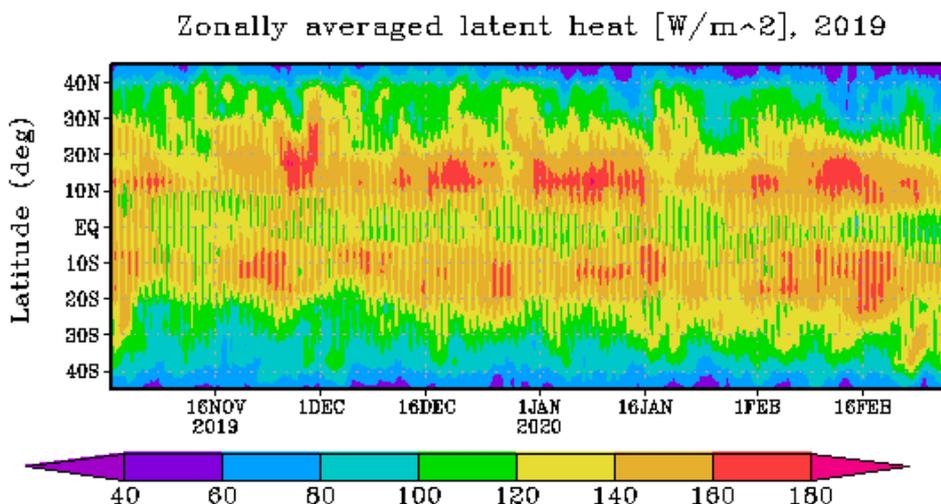


Рисунок 3.30 – Зонально-осредненное распределение скрытого тепла (W/m^2) для холодного периода 2019-2020 гг. Ось абсцисс – период с ноября по март, ось ординат – широта (градусы)

Максимальные значения зонально-осредненного скрытого тепла для 2019-2020 гг. (рис. 3.30) наблюдаются на широтах между 10° с.ш. и 30° с.ш. в конце ноября, между 10° с.ш. и 20° с.ш. во второй половине декабря, в январе и первой половине февраля, их значения составили $160 W/m^2$ и выше.

Очевидно, что данные максимумы вносят значительно больший вклад в усиление приливной компоненты в декабре 2019 г. немигрирующего суточного прилива (рис. 3.29 нижняя панель) и немигрирующего полусуточного (рис. 3.28 нижняя панель).

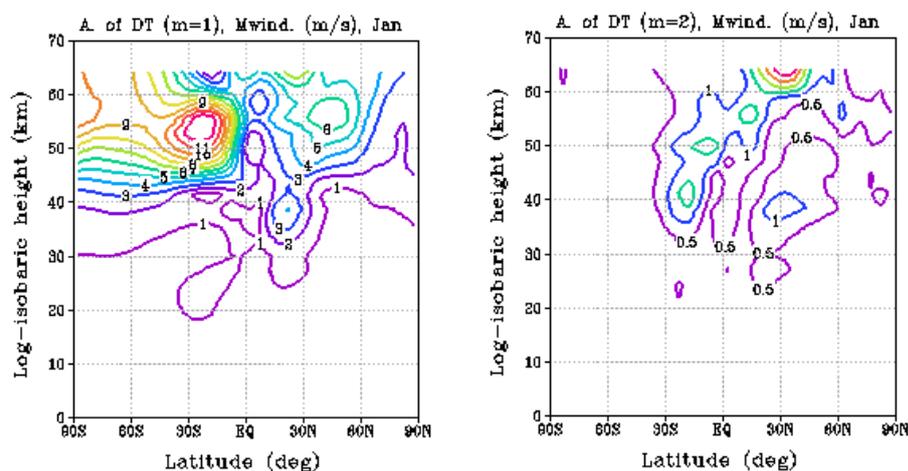


Рисунок 3.31 – Высотно-широтное распределение амплитуды первой и второй гармоники приливной компоненты в поле меридионального ветра (м/с) за январь 2020 г. Южного и Северного полушарий. Левая панель – распределение первой гармоники с частотой изолиний 1.0 м/с, правая панель – распределение второй гармоники с частотой изолиний 0.5 м/с. Ось абсцисс – широта (градусы), ось ординат – лог-изобарическая высота (км)

По результатам построения высотно-широтного распределения атмосферных приливов за январь 2020 г. (рис. 3.31) можно заметить, что максимальные значения амплитуд приливных компонент в поле меридиональной компоненты ветра наблюдаются на высотах выше 50 км.

В январе 2020 г. максимальные значения амплитуд первой гармоники в поле меридионального ветра принимают выше 50 км в средних широтах и достигают значений равных 6.0 м/с (рис. 3.31 левая панель), а для второй гармоники максимальные значения наблюдаются выше 60 км на 30° с.ш. и достигают значений больше 1.5 м/с (рис. 3.31 правая панель).

Сезонный ход приливных компонент, рассматриваемый в поле меридионального ветра (рис. 3.28 и 3.29) традиционно анализируют в средних широтах. На рассматриваемой широте 52.5° с.ш. и высоте 60 км, максимальное значение амплитуды первой гармоники составило 5.0 м/с (рис. 3.31 левая панель), а второй гармоники – 1.0 м/с (рис. 3.31 правая панель).

Так как, максимумы располагаются в разных зонах (рис. 3.23), то далее будет рассмотрено зонально-осредненное распределение скрытого тепла (рис. 3.30).

Максимальные значения зонально-осредненного скрытого тепла для 2019-2020 гг. (рис. 3.30) наблюдаются на широтах между 10° с.ш. и 30°с.ш.в конце ноября, между 10° с.ш. и 20°с.ш. во второй половине декабря, в январе и первой половине февраля, их значения составили 160 В/м² и выше.

Очевидно, что данные максимумы вносят значительно больший вклад в усиление приливной компоненты в январе 2020 г. немигрирующего суточного прилива (рис. 3.29 нижняя панель) и немигрирующего полусуточного (рис. 3.28 нижняя панель).

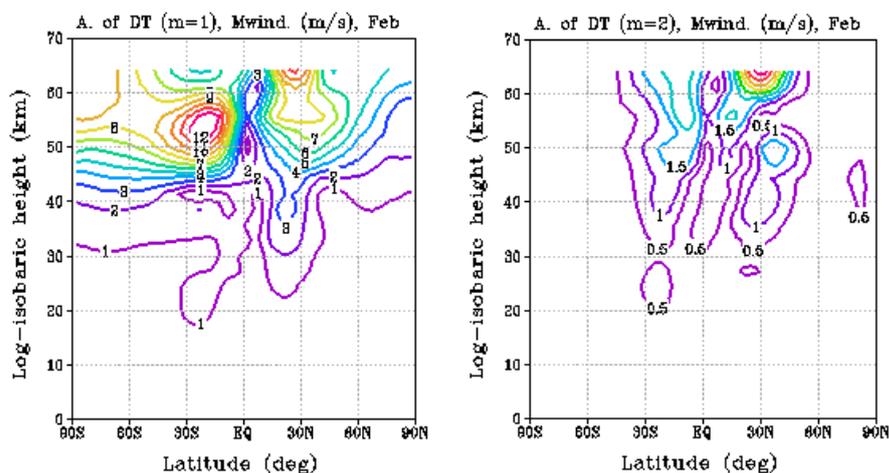


Рисунок 3.32 – Высотно-широтное распределение амплитуды первой и второй гармоник приливной компоненты в поле меридионального ветра (м/с) за февраль 2020 г. Южного и Северного полушарий. Левая панель – распределение первой гармоник с частотой изолиний 1.0 м/с, правая панель – распределение второй гармоник с частотой изолиний 0.5 м/с. Ось абсцисс – широта (градусы), ось ординат – лог-изобарическая высота (км)

По результатам построения высотно-широтного распределения атмосферных приливов за февраль 2020 г. (рис. 3.32) можно заметить, что

максимальные значения амплитуд приливных компонент в поле меридиональной компоненты ветра наблюдаются на высотах выше 50 км.

В феврале 2020 г. максимальные значения амплитуд первой гармоники в поле меридионального ветра принимают выше 60 км на 30° с.ш. и достигают значений равных больше 8.0 м/с (рис. 3.32 левая панель), а для второй гармоники максимальные значения наблюдаются выше 60 км на 30° с.ш. и достигают значений больше 2.5 м/с (рис. 3.32 правая панель).

Сезонный ход приливных компонент, рассматриваемый в поле меридионального ветра (рис. 3.28 и 3.29) традиционно анализируют в средних широтах. На рассматриваемой широте 52.5° с.ш. и высоте 60 км, максимальное значение амплитуды первой гармоники составило 6.0 м/с (рис. 3.32 левая панель), а второй гармоники – 1.0 м/с (рис. 3.32 правая панель).

Так как, максимумы располагаются в разных зонах (рис. 3.23), то далее будет рассмотрено зонально-осредненное распределение скрытого тепла (рис. 3.30).

Максимальные значения зонально-осредненного скрытого тепла для 2019-2020 гг. (рис. 3.30) наблюдаются на широтах между 10° с.ш. и 30° с.ш. в конце ноября, между 10° с.ш. и 20° с.ш. во второй половине декабря, в январе и первой половине февраля, их значения составили 160 В/м² и выше.

Очевидно, что данные максимумы вносят свой незначительный вклад в усиление приливной компоненты в феврале 2020 г. немигрирующего суточного прилива (рис. 3.29 нижняя панель), а также значительно больший вклад в амплитуды немигрирующего полусуточного (рис. 3.28 нижняя панель).

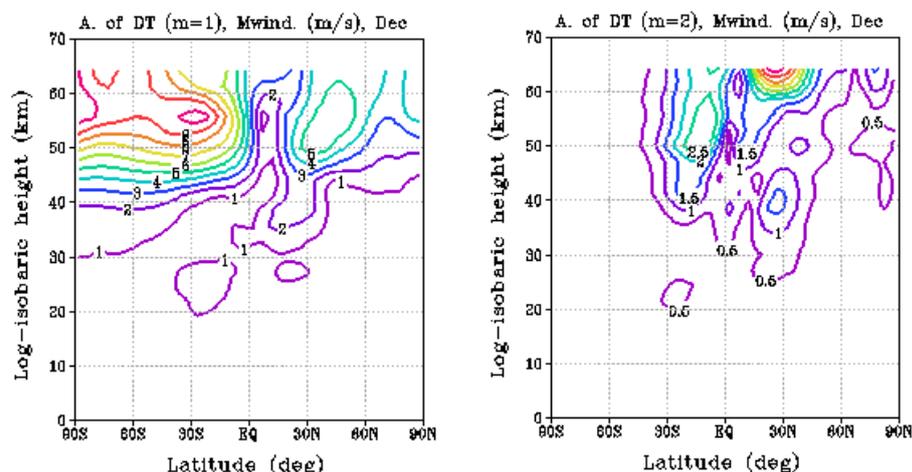


Рисунок 3.33 – Высотно-широтное распределение амплитуды первой и второй гармоники приливной компоненты в поле меридионального ветра (м/с) за декабрь 2020 г. Южного и Северного полушарий. Левая панель – распределение первой гармоники с частотой изолиний 1.0 м/с, правая панель – распределение второй гармоники с частотой изолиний 0.5 м/с. Ось абсцисс – широта (градусы), ось ординат – лог-изобарическая высота (км)

По результатам построения высотно-широтного распределения атмосферных приливов за декабрь 2020 г. (рис. 3.33) можно заметить, что максимальные значения амплитуд приливных компонент в поле меридиональной компоненты ветра наблюдаются на высотах выше 50 км.

В декабре 2020 г. максимальные значения амплитуд первой гармоники в поле меридионального ветра принимают выше 60 км в средних широтах и достигают значений равных 5.0 м/с (рис. 3.33 левая панель), а для второй гармоники максимальные значения наблюдаются выше 60 км на 30° с.ш. и достигают значений больше 2.5 м/с (рис. 3.33 правая панель).

Сезонный ход приливных компонент, рассматриваемый в поле меридионального ветра (рис. 3.34 и 3.35) традиционно анализируют в средних широтах. На рассматриваемой широте 52.5° с.ш. и высоте 60 км, максимальное значение амплитуды первой гармоники составило 5.0 м/с (рис. 3.33 левая панель), а второй гармоники – 1.0 м/с (рис. 3.33 левая панель).

Ниже на рисунках 3.34 и 3.35 представлены амплитуды стоячей и бегущих волн (на запад и на восток) на 52° с.ш. на высоте 60 км для всего холодного периода (с ноября по апрель) 2020-2021 гг. Распределения построены с целью оценить сезонный ход приливных компонент в поле меридиональной компоненты ветра.

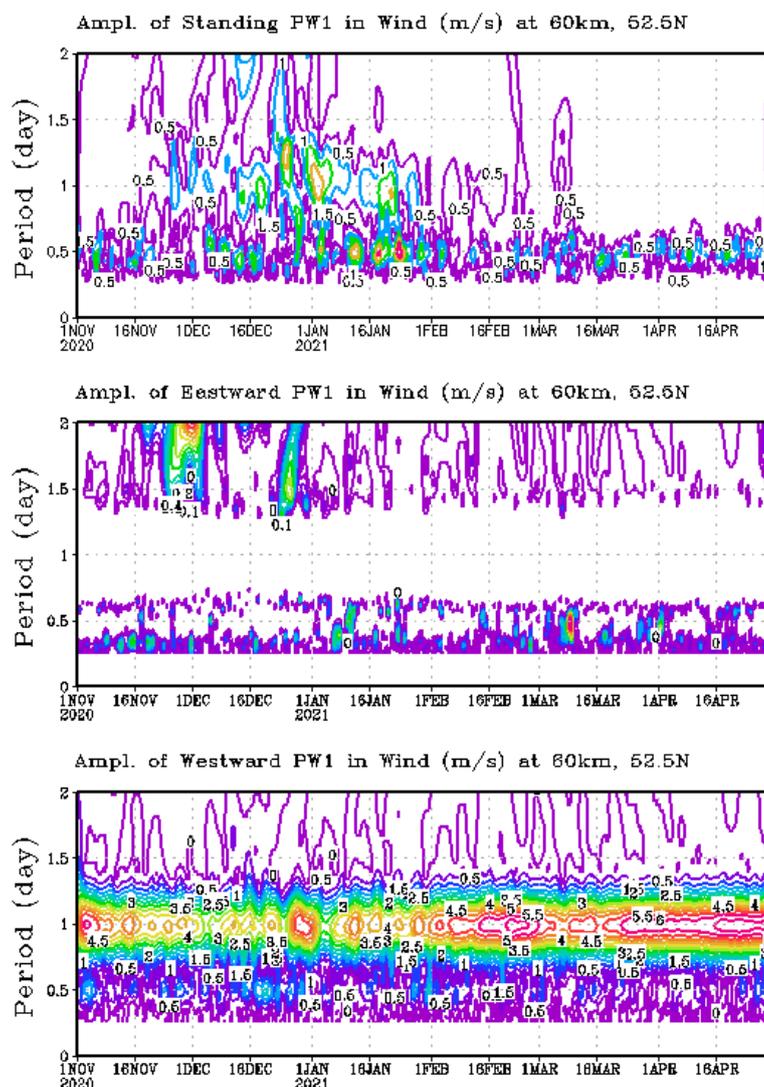


Рисунок 3.34 – Приливные амплитуды первой гармоники в поле меридиональной компоненты ветра на 52.5° с.ш. на высоте 60 км для холодного периода 2020-2021гг. Верхняя панель – распределение амплитуды стоячей волны с частотой изолиний 0.5 м/с, средняя панель – распределение амплитуды волны бегущей на восток с частотой изолиний 0.1 м/с, нижняя панель – распределение амплитуды волны бегущей на запад с частотой изолиний 0.5 м/с. Ось абсцисс – период с ноября по апрель, ось ординат – период волны (сутки)

В 2020 г. (рис. 3.34 верхняя панель) суточные мигрирующие приливы отображаются с середины декабря до середины января. Суточные мигрирующие приливы в амплитуде бегущей на запад волны прослеживаются с начала ноября до конца апреля 2021 г. (рис. 3.34 нижняя панель). Максимальные значения амплитуд составили 5.5 м/с и выше в начале ноября, в конце декабря, в начале января, и со второй половине февраля до конца апреля, минимальные значения – 3.0 м/с в начале декабря.

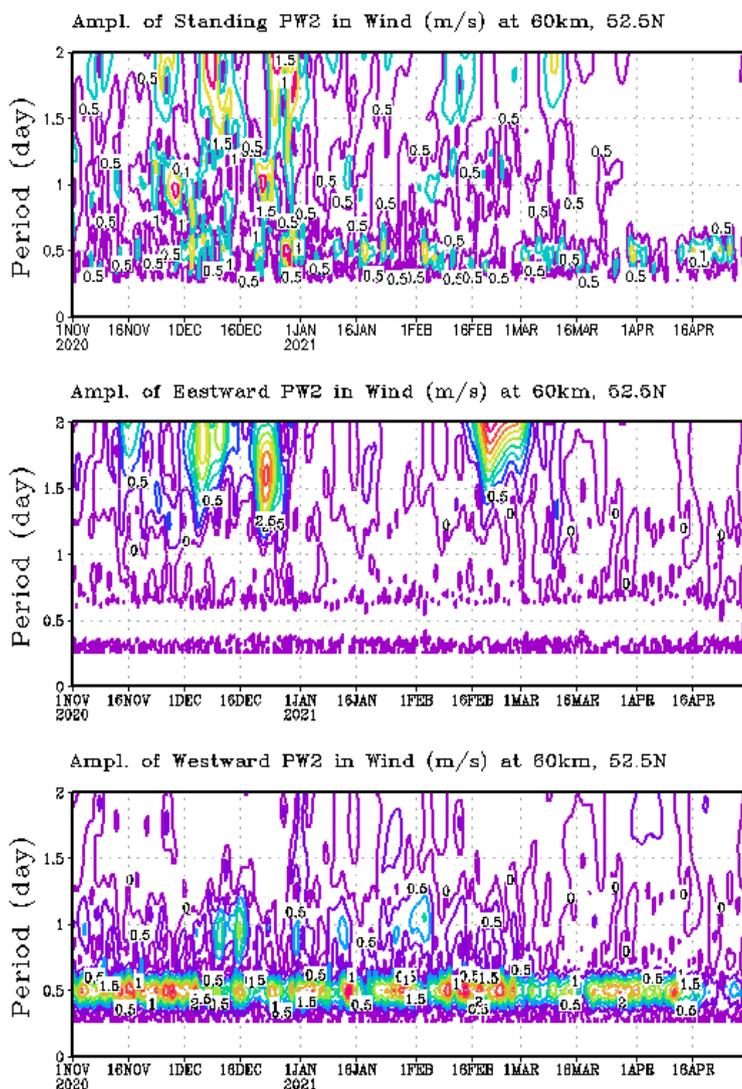


Рисунок 3.35 – Аналогично рисунку 3.34, но для второй гармоники

В 2020 г. (рис. 3.35 верхняя панель) суточные немигрирующие приливы имеются в начале и конце декабря. Полусуточные мигрирующие приливы в поле меридиональной компоненты ветра проявляются с начала ноября до середины апреля 2021 г. (рис. 3.35 нижняя панель). Максимальные значения

амплитуд составили 2.5 м/с и выше во второй половине ноября в начале декабря, в середине января, в первой и во второй половине февраля, минимальные значения – 1.0 м/с в начале февраля и в конце апреля.

Так как, максимумы располагаются в разных зонах (рис.3.23), то далее будет рассмотрено зонально-осредненное распределение скрытого тепла (рис. 3.36).

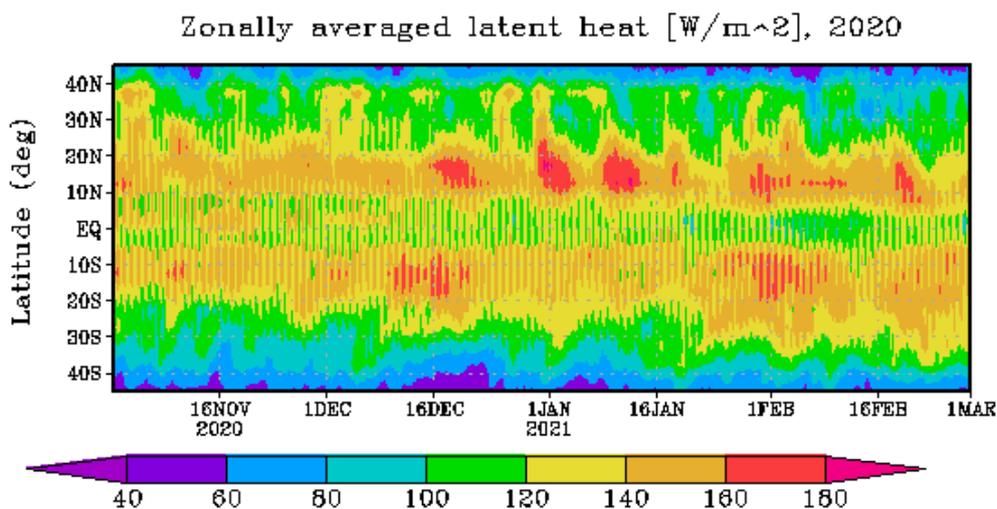


Рисунок 3.36 – Зонально-осредненное распределение скрытого тепла (W/m^2) для холодного периода 2020-2021гг. Ось абсцисс – период с ноября по март, ось ординат – широта (градусы)

Максимальные значения зонально-осредненного скрытого тепла для 2020-2021 гг. (рис. 3.36) наблюдаются на широтах между 10° с.ш. и 20°с.ш. во второй половине декабря, в январе и феврале, их значения составили 160 W/m^2 и выше.

Очевидно, что данные максимумы вносят значительно больший вклад в усиление приливной компоненты в декабре 2020 г. немигрирующего суточного прилива (рис. 3.35 нижняя панель) и немигрирующего полусуточного (рис. 3.34 нижняя панель).

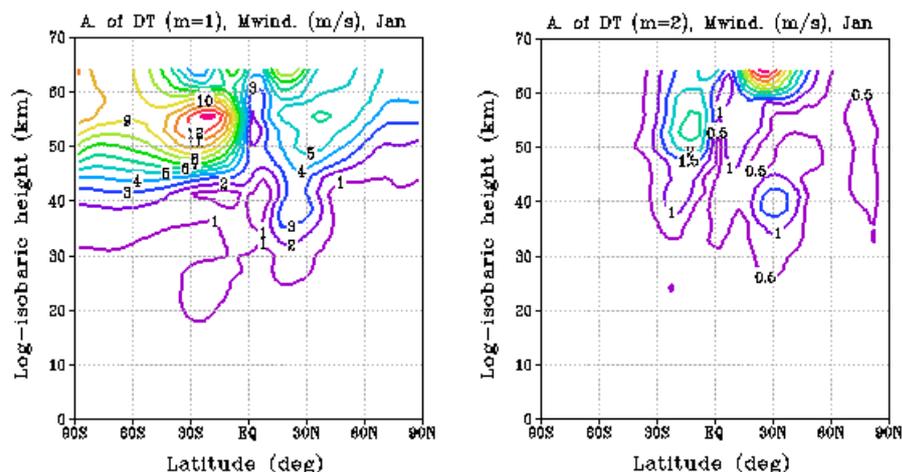


Рисунок 3.37 – Высотно-широтное распределение амплитуды первой и второй гармоники приливной компоненты в поле меридионального ветра (м/с) за январь 2021 г. Южного и Северного полушарий. Левая панель – распределение первой гармоники с частотой изолиний 1.0 м/с, правая панель – распределение второй гармоники с частотой изолиний 0.5 м/с. Ось абсцисс – широта (градусы), ось ординат – лог-изобарическая высота (км)

По результатам построения высотно-широтного распределения атмосферных приливов за январь 2021 г. (рис. 3.37) можно заметить, что максимальные значения амплитуд приливных компонент в поле меридиональной компоненты ветра наблюдаются на высотах выше 60 км.

В январе 2021 г. максимальные значения амплитуд первой гармоники в поле меридионального ветра принимают выше 60 км на 20° с.ш. и достигают значений равных больше 5.0 м/с (рис. 3.37 левая панель), а для второй гармоники максимальные значения наблюдаются выше 60 км на 30° с.ш. и достигают значений больше 2.5 м/с (рис. 3.37 правая панель).

Сезонный ход приливных компонент, рассматриваемый в поле меридионального ветра (рис. 3.34 и 3.35) традиционно анализируют в средних широтах. На рассматриваемой широте 52.5° с.ш. и высоте 60 км, максимальное значение амплитуды первой гармоники составило 5.0 м/с (рис. 3.37 левая панель), а второй гармоники – 1.0 м/с (рис. 3.37 правая панель).

Так как, максимумы располагаются в разных зонах (рис. 3.23), то далее будет рассмотрено зонально-осредненное распределение скрытого тепла (рис. 3.36).

Максимальные значения зонально-осредненного скрытого тепла для 2020-2021 гг. (рис. 3.36) наблюдаются на широтах между 10° с.ш. и 20°с.ш. во второй половине декабря, в январе и феврале, их значения составили 160 В/м² и выше.

Очевидно, что данные максимумы вносят значительно больший вклад в усиление приливной компоненты в январе 2021 г. немигрирующего суточного прилива (рис. 3.35 нижняя панель) и немигрирующего полусуточного (рис. 3.34 нижняя панель).

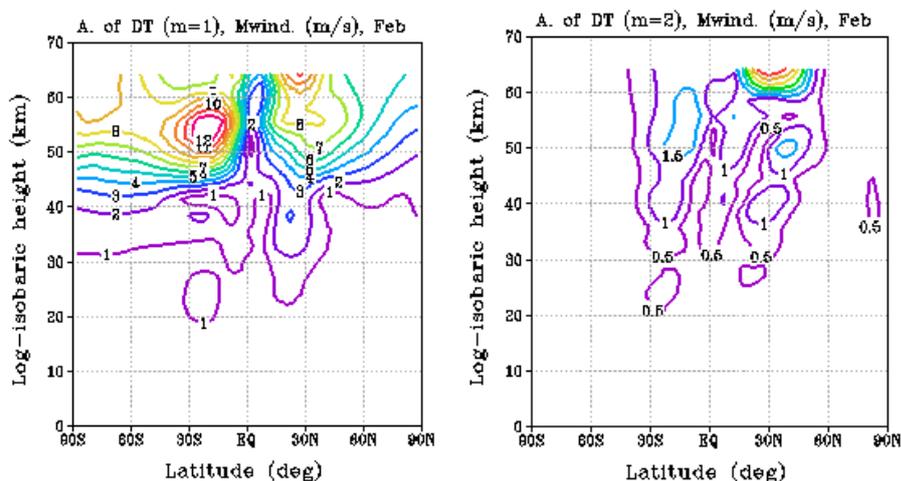


Рисунок 3.38 – Высотно-широтное распределение амплитуды первой и второй гармоник приливной компоненты в поле меридионального ветра (м/с) за февраль 2021 г. Южного и Северного полушарий. Левая панель – распределение первой гармоник с частотой изолиний 1.0 м/с, правая панель – распределение второй гармоник с частотой изолиний 0.5 м/с. Ось абсцисс – широта (градусы), ось ординат – лог-изобарическая высота (км)

По результатам построения высотно-широтного распределения атмосферных приливов за февраль 2021 г. (рис. 3.38) можно заметить, что

максимальные значения амплитуд приливных компонент в поле меридиональной компоненты ветра наблюдаются на высотах выше 50 км.

В феврале 2021 г. максимальные значения амплитуд первой гармоники в поле меридионального ветра принимают выше 60 км на 30° с.ш. и достигают значений равных больше 8.0 м/с (рис. 3.38 левая панель), а для второй гармоники максимальные значения наблюдаются выше 60 км на 30° с.ш. и достигают значений больше 2.5 м/с (рис. 3.38 правая панель).

Сезонный ход приливных компонент, рассматриваемый в поле меридионального ветра (рис. 3.34 и 3.35) традиционно анализируют в средних широтах. На рассматриваемой широте 52.5° с.ш. и высоте 60 км, максимальное значение амплитуды первой гармоники составило 7.0 м/с (рис. 3.38 левая панель), а второй гармоники – 1.5 м/с (рис. 3.38 правая панель).

Так как, максимумы располагаются в разных зонах (рис. 3.23), то далее будет рассмотрено зонально-осредненное распределение скрытого тепла (рис. 3.36).

Максимальные значения зонально-осредненного скрытого тепла для 2020-2021 гг. (рис. 3.36) наблюдаются на широтах между 10° с.ш. и 20° с.ш. во второй половине декабря, в январе и феврале, их значения составили 160 В/м² и выше.

Очевидно, что данные максимумы вносят значительно больший вклад в усиление приливной компоненты в феврале 2021 г. немигрирующего суточного прилива (рис. 3.35 нижняя панель) и немигрирующего полусуточного (рис. 3.34 нижняя панель).

На основе построений первой и второй гармоники поля меридиональной составляющей ветра на 52.5° с.ш. на высоте 60 км, можно утверждать, что максимальная амплитуда суточных немигрирующих приливов наблюдается в декабре 2019 г. равная 3.0 м/с, амплитуда мигрирующих суточных приливов равная 8.0 м/с – чаще в конце холодного периода (февраль, март), мигрирующие полусуточные приливы активны весь холодный период с максимальными значениями амплитуд равными 3.0 м/с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проделанной работы: анализ построенных приливных компонент на основе метеорологических данных (температуры и меридиональной составляющей ветра) реанализов MERRA-2 и JRA-55 за три холодных периода 2018-19, 2019-20 и 2020-21 гг. в Северном полушарии можно сделать следующие выводы о модуляции солнечных приливов:

Так, на основе построений первой и второй гармоники поля температуры на 2.5° с.ш. на высоте 60 км, можно утверждать, что:

- в каждый декабрь из рассмотренных трех периодов наблюдается усиление амплитуды суточных немигрирующих приливов до 0.9 К, однако декабрь 2019 г. демонстрирует самую большую амплитуду равную 1.2 К.
- суточные мигрирующие приливы наблюдаются на протяжении каждого холодного периода: в зиму 2018-19, 2020-21 гг. максимум наблюдается дважды (в январе и марте 2019 г. и в январе и феврале 2021 г.) равный 2.4 К.
- в каждый январь из рассмотренных трех периодов наблюдается усиление амплитуды полусуточных мигрирующих приливов, однако январь 2019 г. и 2021 г. демонстрируют самую большую амплитуду равную 1.8 К.

Подводя итоги вышесказанному, можно сделать вывод, что максимальная амплитуда суточных немигрирующих приливов наблюдается в декабре, мигрирующих суточных и полусуточных – чаще в январе месяце.

Так же, на основе построений первой и второй гармоники поля меридиональной составляющей ветра на 52.5° с.ш. на высоте 60 км, можно утверждать, что:

- в каждый декабрь из рассмотренных трех периодов наблюдается усиление амплитуды суточных немигрирующих приливов, однако

декабрь 2019 г. демонстрирует самую большую амплитуду равную 3.0 м/с.

- с февраля по март в период 2018-19 гг., в январе и с марта по апрель в период 2019-20 гг., во весь период 2020-21 гг. наблюдаются усиления амплитуды суточных мигрирующих приливов, однако февраль 2019 г. демонстрирует самую большую амплитуду равную 8.0 м/с.
- максимальные значения амплитуд полусуточных мигрирующих приливов равные 3.0 м/с наблюдаются с ноября по февраль во все три рассматриваемых периода.

Подводя итоги вышесказанному, можно сделать вывод, что максимальная амплитуда суточных немигрирующих приливов наблюдается в декабре аналогично полю температуры, мигрирующих суточных приливов – чаще в конце холодного периода (февраль, март); мигрирующие полусуточные приливы активны весь холодный период.

Анализ среднезонального распределения выделения скрытого тепла конденсации для каждого месяца рассматриваемых периодов и усиления амплитуд приливных колебаний показывает, что выделившееся скрытое тепло вносит максимум своего вклада в модуляцию приливных компонент, полученных в поле температуры второй гармоники. Максимальные значения потока скрытого тепла соответствуют по времени усилению суточному немигрирующему приливу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт – «Метео Энциклопедия» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meteorologist.ru/atmosfernyie-prilivyi.html> (дата обращения 23.05.22)
2. Швед Г. М., Циркуляция атмосферы [Текст] / Г.М. Швед // Соросовский образовательный журнал. -1997. - №3. – С. 75-81
3. Суворова Е.В., Погорельцев А.И. Моделирование немигрирующих приливов в средней атмосфере // Геомагнетизм и аэрономия.- 2011.- Т. 51.- № 1.
4. Суворова Е.В. Источники солнечных немигрирующих приливов в средней атмосфере: дис. ... канд. физ.- мат. наук.: 25.00.30. СПб, 2010. 115 с
5. Суворова Е.В., Погорельцев А.И. Изменчивость атмосферных приливов в мезосфере и нижней термосфере, обусловленная динамическими и радиационными процессами в стратосфере // Труды XI Конференции молодых ученых "Гелио- и геофизические исследования", БШФФ-2009. Изд-во ИСЗФ СО РАН, Иркутск, 2009. - с.196-199.
6. Hagan, M. E., J. M. Forbes, , and A. Richmond, 2004: Atmospheric tides. *The Encyclopedia of Atmospheric Sciences*, Vol. 1, J. R. Holton, J. Pyle, and J. A. Curry, Eds., Academic Press, 159–165.
7. <https://gmao.gsfc.nasa.gov/pubs/docs/Bosilovich785.pdf>
8. Shinya KOBAYASHI, Yukinari OTA, Yuyoi HARADA, The JRA-55 Reanalysis: General Specifications and Basic Characteristics, 5-6, 2015
9. Вейвлет-преобразование [Электронный ресурс] // Википедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Вейвлет-преобразование> (дата обращения 23.05.22)

10. Павлов А.В. Обработка информации оптическими методами / Учебное пособие. Изд.2, дополненное. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 78 с.
11. Давыдова А. И. Применение гармонического анализа для изучения характеристик систем видения через атмосферу / А. И. Давыдова, И. Ю. Гендрин // Материалы VII Международной молодежной научной конференции "Математическое и программное обеспечение информационных, технических и экономических систем", Томск, 23-25 мая 2019 г. Томск, 2019. С. 118-124 (Труды Томского государственного университета; т. 304: Серия физико-математическая.
12. The Use of Hybrid Neural Networks, Wavelet Transform and Heuristic Algorithm of WIPSO in Smart Grids to Improve Short-Term Prediction of Load, Solar Power, and Wind Energy Naser Nourani Esfetanaj, Sayyad Nojavan, in Operation of Distributed Energy Resources in Smart Distribution Networks, 2018
13. A Practical Guide to Wavelet Analysis Christopher Torrence and Gilbert P. Compo Program in Atmospheric and Oceanic Sciences, University of Colorado, Boulder, Colorado
14. A better way to define and describe Morlet wavelets for time-frequency analysis, Michael X Cohen, Radboud University and Radboud University Medical Center; Donders Institute for Neuroscience