

УДК 911.2

А. В. ХОЛОПЦЕВ, д-р геогр. наук, проф., **И. А. ЛАРЧЕНКО**

Первый украинский морской институт
ул. Рыбаков, 5, г. Севастополь 99000
larchenko1966@mail.ru

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ СЕГМЕНТОВ ЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ, ГДЕ МЕЖГОДОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОСО ЗНАЧИМО СВЯЗАНЫ С ВАРИАЦИЯМИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТЕМПЕРАТУР В ЗАЛИВЕ АЛЯСКА

Выявлены особенности сезонных изменений расположения сегментов земной атмосферы, в которых межгодовые изменения ОСО значимо статистически связаны с совпадающими по времени вариациями поверхностных температур залива Аляска Тихого океана. Исследовано влияние на расположение подобных сегментов фактора смены времени года. Полученные результаты соответствуют представлениям о влиянии на обмен воздухом между тропосферой и стратосферой планетарных и гравитационных волн, которые образуются над зонами взаимодействия струйных течений с неоднородностями поля атмосферного давления и разрушаются в тропопаузе и стратосфере.

Ключевые слова: общее содержание озона, земная атмосфера, Тихий океан, залив Аляска, межгодовые изменения, поверхностная температура, статистические связи, воздухообмен, тропосфера, стратосфера

Холопец О. В., Ларченко И. О. СЕЗОННІ ЗМІНИ РОЗТАШУВАННЯ СЕГМЕНТІВ ЗЕМНОЇ АТМОСФЕРИ, ДЕ МІЖРІЧНІ ЗМІНИ ЗВО СУТТЄВО ЗАЛЕЖАТЬ ВІД ВАРІАЦІЙ ПОВЕРХНЕВИХ ТЕМПЕРАТУР У ЗАТОЦІ АЛЯСКА

Визначено особливості розташування сегментів земної атмосфери, у яких статистичний зв'язок міжрічні зміни загального вмісту озону та варіацій поверхневих температур Тихого океану у затоці Аляска є суттєвим. Досліджено вплив на розташування подібних сегментів чинника зміни пори року. Підтверджено адекватність уявлень про вплив на обмін повітрям між тропосферою та стратосферою планетарних та гравітаційних хвиль, які утворюються над зонами взаємодії струменеві течій з неоднорідностями поля атмосферного тиску та руйнуються у тропопаузі та стратосфері.

Ключові слова: загальний вміст озону, земна атмосфера, Тихий океан, затока Аляска, міжрічні зміни, поверхневі температури, статистичний зв'язок, обмін повітрям, тропосфера, стратосфери

Holoptsev A. V., Lartchenko I. A. ESPECIALLY THE LOCATION OF SEGMENTS ATMOSPHERE WHERE TOTAL OZONE CHANGING IS CONNECTED WITH VARIATIONS OF THE SURFACE TEMPERATURE IN THE GULF OF ALASKA OF PACIFIC OCEAN

In features the location of the segments an atmosphere, which the interannual changes in CCA statistically significantly associated with the same time variations surface temperature of the Pacific Ocean Gulf of Alaska. The influence of seasonal factors. The adequacy of representations the impact on air exchange between troposphere and stratosphere and the planetary gravitational waves, that form over areas of interaction of jets with inhomogeneities of the atmospheric pressure field which are destroyed in tropopause and stratosphere.

Keywords: total ozone, the Earth's atmosphere, Pacific Ocean, Gulf of Alaska, surface temperature, statistical communications, air troposphere, stratosphere

Введение

Озоносфера нашей планеты, поглощая ультрафиолетовые составляющие солнечной радиации, служит своеобразным «щитом», предохраняющим биосферу от воздействия этого опасного фактора. Поэтому выявление особенностей влияния на изменения ее состояния, различных природных факторов является актуальной проблемой физической географии, физики атмосферы, а также экологии.

Выявлению причин изменения распределения в земной атмосфере общего содержания озона (ОСО) посвящены работы многих зарубежных [1, 2] и отечественных [3] авторов. Установлено, что основными факторами, порождающими эти изменения, являются радиационные, химические и динамические.

Влияние радиационных факторов наиболее существенно проявляется при образовании стратосферного озона [4], а в его

разрушении основную роль играют факторы химические и динамические [5, 6].

Химические факторы – это реакции каталитических циклов разрушения озона, протекающие с участием реагентов, образующихся в стратосфере в результате фотохимического разрушения молекул веществ, поступающих в нее с земной поверхности [7]. Главными из этих реагентов являются атомарные хлор и бром, радикалы ОН, а также оксиды азота [8].

Динамические факторы – это процессы в атмосфере, обуславливающие перенос веществ, из которых образуются подобные реагенты, от их источников, в соответствующие сегменты стратосферы. Принято считать, что основным механизмом переноса подобных веществ является проникновение содержащего их тропосферного воздуха через разрывы тропопаузы, расположенные над зонами субтропических струйных течений. Возможно его проникновение также зимой, через приполярные сегменты стратосферы, где устойчивость плотностной стратификации воздуха в период полярной ночи снижается [9].

Существенную роль в воздухообмене тропосферы и стратосферы через указанные области тропопаузы могут являться процессы обрушения в них планетарных и гравитационных волн, образующихся в результате развития неустойчивости стратосферных струйных течений, с которыми они нелинейно взаимодействуют [10, 11]. Источником упомянутых волн является взаимодействие струйных течений в стратосфере с горными хребтами, которые они пересекают, а также значительными неоднородностями поля атмосферного давления. Последние образуются на атмосферных фронтах, при движении циклонов и антициклонов, над побережьями Мирового океана, а также над существующими в нем гидрофронтальными зонами [12].

Поскольку обрушение внутренних волн в устойчиво стратифицированной среде приводит к образованию турбулентности, которая весьма быстро переносит любые вещества по вертикали, изменения распределения поверхностных температур в таких зонах способны влиять на изменения ОСО в месяцы, не только запаздывающие, но и совпадающие с ними по времени.

Важной разновидностью упомянутых гидрофронтальных зон в океане являются области взаимодействия теплых вод, приносимых поверхностными течениями с весьма холодными водами, поднимающимися к его поверхности из глубин. К ним относится и северо-западная часть акватории Тихого океана, где в заливе Аляска происходит взаимодействие теплых вод, которые с юга приносит Аляскинское течение (северная струя Северотихоокеанского течения), с холодными водами, которые поднимаются на поверхность из его глубин.

В результате апвеллинга к поверхности залива Аляска из его глубин поступает значительный поток биогенов. Вследствие этого воды данного залива обладают значительными рыбными ресурсами, а сам он издавна является районом весьма интенсивного рыболовства, где уже многие десятилетия осуществляются систематические океанологические исследования. В ходе их изучены основные закономерности изменения в указанном районе распределения его поверхностных температур, Установлено, что распределение поверхностных температур в данной гидрофронтальной зоне существенно зависит от времени года, порождая соответствующие вариации поля атмосферного давления над данным регионом Тихого океана [13]. Это позволяет выдвинуть гипотезу, согласно которой данный процесс способен значимо влиять на изменения ОСО во многих сегментах земной атмосферы.

Подтверждение адекватности данной гипотезы позволило бы использовать результаты гидрофизического мониторинга, полученные в данном районе, при моделировании и прогнозировании изменений ОСО в соответствующих сегментах земной атмосферы.

Ныне мониторинг данной характеристики озоносферы над многими регионами планеты осуществляется лишь дистанционно, с использованием аппаратуры, установленной на искусственных спутниках Земли. Погрешности получаемой таким образом информации, и ее пространственное разрешение не в полной мере удовлетворяют потребностям практики. Поэтому изучение возможностей совершенствования существующей системы мониторинга озоносферы путем учета в ней альтернативного источника информации, представляет нема-

лый теоретический и практический интерес. Тем не менее, ранее адекватность выдвинутой гипотезы не оценивалась.

Учитывая изложенное выше, в качестве объекта исследования в данной работе выбрана сезонная и межгодовая изменчивость распределения ОСО в земной атмосфере.

Предметом исследования является особенности сезонной изменчивости расположения сегментов земной атмосферы, в ко-

Результаты исследования

При исследовании рассматривались временные ряды, содержащие данные об изменениях среднемесячных значений аномалий поверхностных температур Тихого океана в заливе Аляска, соответствующие различным месяцам, полученные из [14]. Указанные ряды не содержат пропусков за период 1975-2011 гг.

Также изучались временные ряды изменений ОСО во всех сегментах земной атмосферы, размерами $1^\circ \times 1^\circ$, полученные для каждого месяца путем обработки цифровой и графической информации, представленной в [15]. Упомянутые ряды также непрерывны и соответствуют периоду с января 1979 по декабрь 2010 гг.

При изучении статистических связей между изменениями ОСО в том или ином сегменте атмосферы и вариациями поверхностных температур Тихого океана в заливе Аляска применялся метод корреляционного анализа [16]. Связь между рассматриваемыми процессами признавалась значимой, если соответствующее значение коэффициента парной корреляции, которое оценено за 32 года, превышает уровень 95% порога достоверной корреляции. При установлении этого порога применялся критерий Стьюдента, а также учитывалось число степеней свободы сопоставляемых временных рядов [17].

Результаты расчетов отображались на контурных картах мира изолиниями, соответствующими порогам – 0.36 (достоверность 95%) и – 0.42 (достоверность 99%) с использованием метода триангуляции Делоне [18].

В результате подобного анализа построены соответствующие каждому месяцу карты, отображающие расположения в земной атмосфере сегментов, в которых межгодовые изменения ОСО значимо статисти-

ческих межгодовые изменения ОСО значимо статистически связаны с вариациями поверхностных температур Тихого океана в заливе Аляска.

Целью работы является выявление сегментов земной атмосферы, в которых межгодовые изменения ОСО в том или ином месяце значимо статистически связаны с вариациями поверхностных температур Тихого океана в заливе Аляска.

чески связаны с вариациями совпадающих по времени поверхностных температур Тихого океана в заливе Аляска. На рис. 1 представлены упомянутые карты, соответствующие апрелю, июню, октябрю и декабрю.

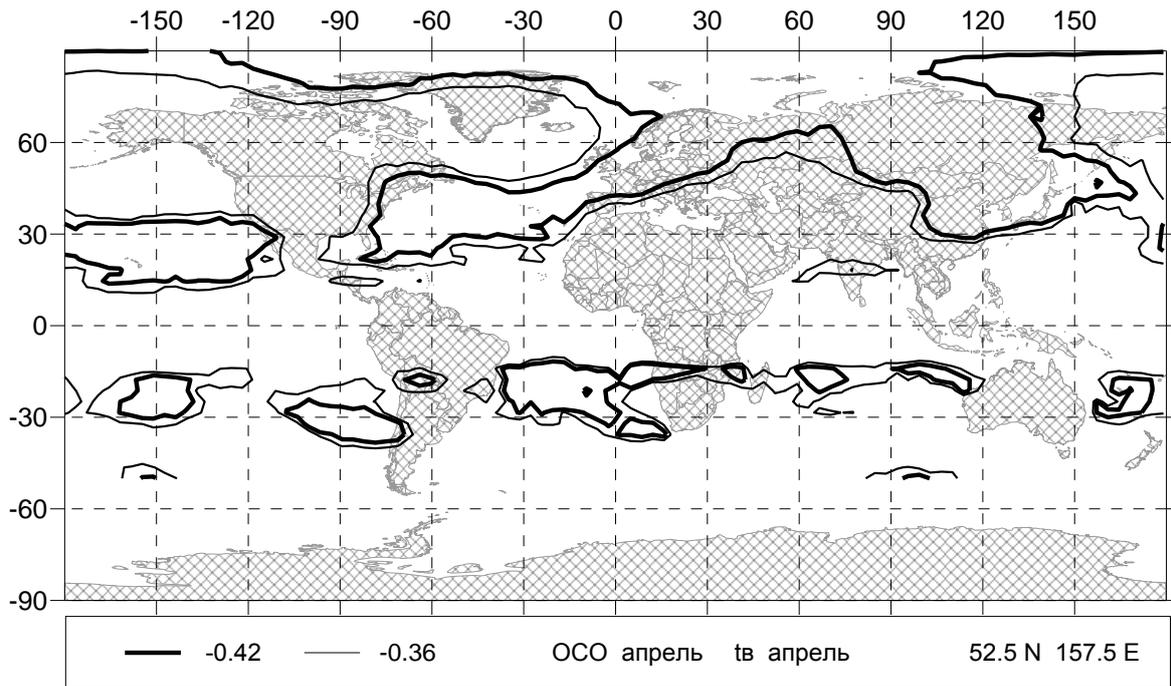
Из рисунка следует, что в земной атмосфере существует не мало сегментов, в которых межгодовые изменения ОСО, соответствующие тому или иному месяцу, значимо коррелированы с совпадающими по времени вариациями поверхностных температур Тихого океана в заливе Аляска.

Расположения подобных сегментов и их размеры, как и координаты конкретных районов залива, над которыми взаимодействие струйного течения с барическим рельефом генерирует наиболее мощные гравитационные волны в атмосфере, существенно зависят от времени года.

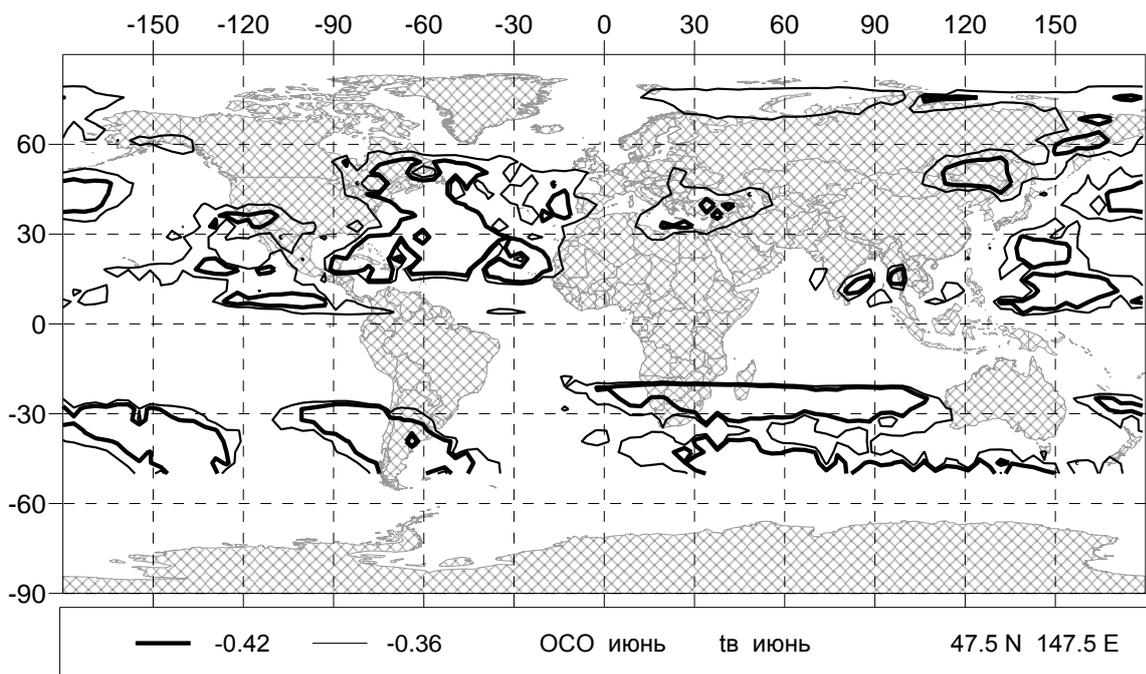
В апреле рассматриваемые сегменты (рис.1А) являются наиболее обширными над приполярными районами. Также такие сегменты располагаются отдельными очагами в зонах разрывов тропопаузы Северного и Южного полушарий.

В июне сегменты (рис. 1Б), в которых межгодовые изменения ОСО значимо коррелированы с вариациями поверхностных температур Тихого океана в заливе Аляска располагаются в Северном полушарии в зоне влияния субтропического струйного течения, а также в областях Исландского и Алеутского минимумов, и Азорского максимума. В Южном полушарии рассматриваемые сегменты располагаются очагами над зоной субтропических разрывов тропопаузы.

В октябре изучаемые сегменты располагаются во многом симметрично их положению в апреле (рис. 1В). Наиболее обширная область значимой корреляции рассматриваемых процессов в октябре располагается

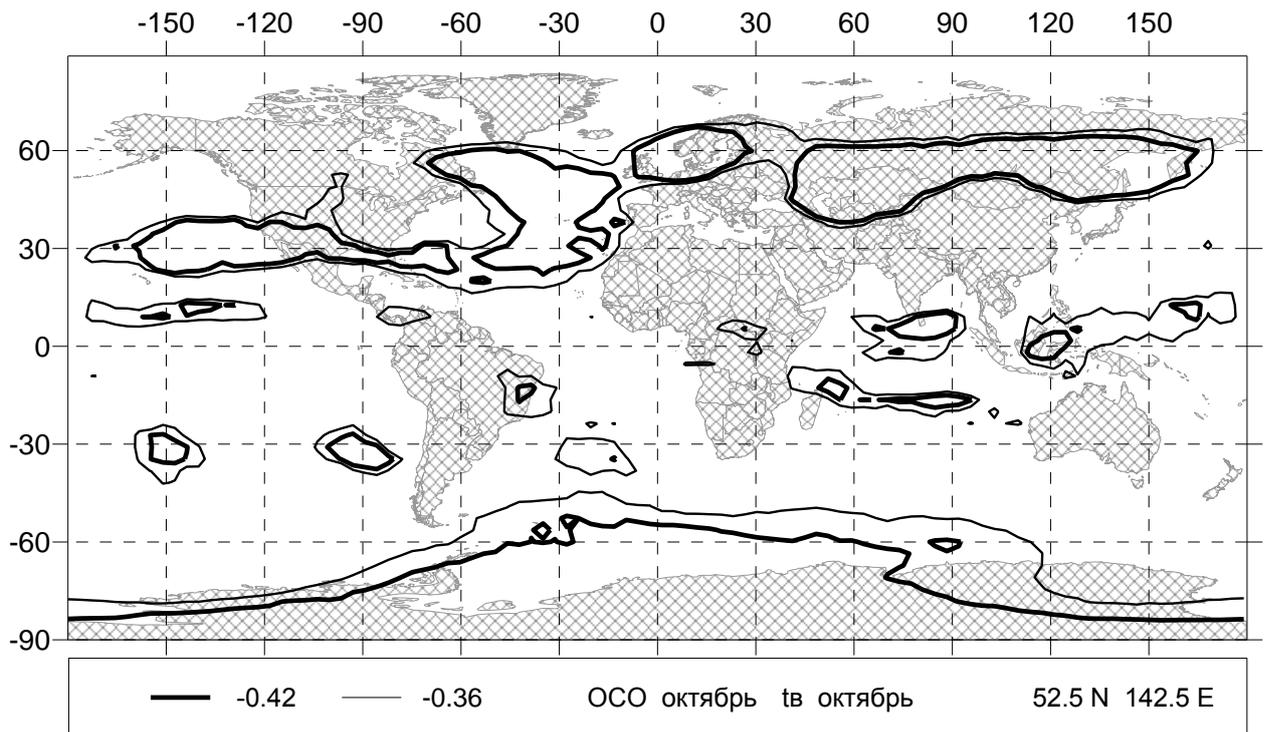


А)

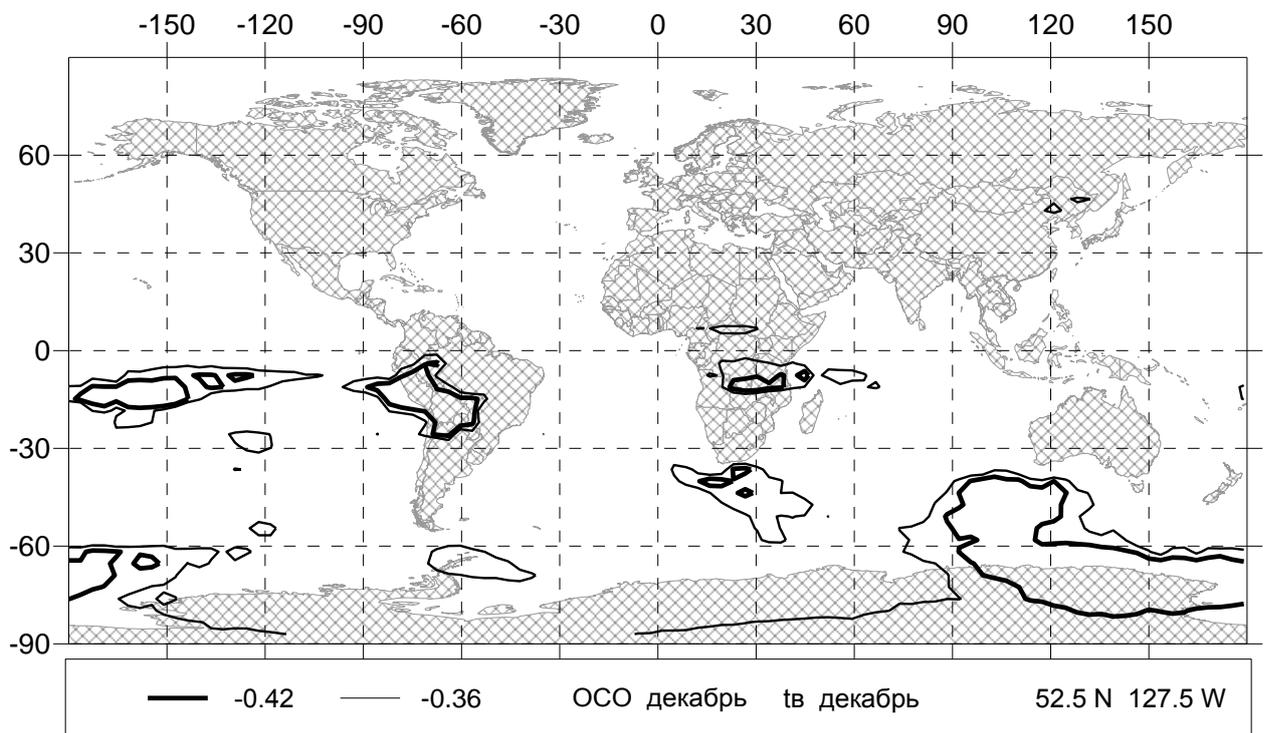


Б)

Рис 1. – Расположения в земной атмосфере ее сегментов, в которых изменения ОСО значимо статистически связаны с совпадающими по времени вариациями поверхностных температур Тихого океана в заливе Аляска



В)



Г)

Рис 1. – Расположения в земной атмосфере ее сегментов, в которых изменения ОСО значимо статистически связаны с совпадающими по времени вариациями поверхностных температур Тихого океана в заливе Аляска (продолжение рисунка)

над приполярними районами Южного полушария.

Также в Южном полушарии существуют небольшие области в зоне соответствующего субтропического струйного течения. В Северном полушарии аналогичная область располагается вдоль его 30-й параллели над Тихим океаном, Еще одна обширнейшая область здесь находится над всей Северной Атлантикой (между параллелями 20°N и 60°N), а также Евразией.

Из рисунка 1Г следует, что в декабре значительные по площади очаги значимой корреляции существуют лишь в Южном полушарии. В нем подобные области в основном локализируются между параллелями 5°S и 20°S, а также над Тихим океаном в районе 60-й параллели.

Из представленных карт следует, что расположение изучаемых областей не только зависит от времени года, но и дисимметрично.

Наиболее симметричны распределения, которые представлены на рисунках 1А и 1В. На обоих рисунках единая и весьма обширная область значимой корреляции ОСО и поверхностных температур в заливе Аляска расположена над районами соответствующего полюса (в апреле – над Северным полюсом, в октябре – над Южным полюсом). Следует отметить, что указанная область образуется над тем или иным приполярным регионом не зимой, как предполагалось в [12], а весной.

Причиной этого вероятно является то, что на протяжении зимы устойчивость стратификации воздуха стратосферы и тропопазы, вследствие его выхолаживания за период полярной ночи, возрастает, достигая минимума именно весной. Существенным фактором, по –видимому, является также увеличение в зимние месяцы амплитуды планетарных и гравитационных волн, что

Установлено, что в стратосфере существуют обширные сегменты, в которых межгодовые изменения ОСО значимо коррелированы с вариациями поверхностных температур в заливе Аляска.

Расположение таких сегментов существенно зависит от времени года. В любое время года очаговые области значимой кор-

повышает вероятность обрушения в стратосфере и тропопазе их гребней.

Важным элементом распределений, представленных на рисунках 1Б и 1В, является обширная область высокой достоверной корреляции изучаемых процессов, располагающаяся в области Исландского минимума и Азорского максимума. Расположение данной области соответствует представлениям о влиянии на процесс переноса веществ из тропосферы в стратосферу атлантических циклонов, наиболее активных в летние и осенние месяцы.

Также обращает на себя внимание локализация очагов высокой корреляции над зонами субтропических струйных течений, что соответствует представлениям о влиянии на разрушение стратосферного озона переноса веществ через разрывы тропопазы.

Выявленные статистические связи между рассматриваемыми процессами не дают оснований предполагать, что волны, обрушение которых вызывает поступление в соответствующие сегменты стратосферы веществ, служащих источниками реагентов каталитических циклов разрушения озона, образуются при взаимодействии струйного течения с барическими неоднородностями, возникающими именно над рассматриваемой областью Северо-Западной части Тихого океана.

Очевидно, что источниками данных волн могут также быть аналогичные взаимодействия в атмосфере, обусловленные взаимодействием и других струйных течений с другими барическими неоднородностями, порождаемых колебаниями поверхностных температур других районов океана, которые могут быть значимо статистически связаны с их колебаниями в заливе Аляска. Тем не менее, выявленную связь целесообразно учитывать при моделировании и прогнозировании изменчивости ОСО в земной атмосфере.

Выводы

реляции изучаемых процессов существуют над зонами субтропических струйных течений Северного и Южного полушарий.

Обширная область значимой корреляции, свидетельствующая о повышенной проницаемости соответствующего сегмента стратосферы, располагается над приполяр-

ними регионами полушария, не зимой, а весной.

С июня по октябрь еще одна обширная область значимой корреляции располагается над Северной Атлантикой (соответствуя

Исландскому минимуму и Азорскому максимуму), что подтверждает адекватность представлений о значимом участии в генерации гравитационных волн образующихся здесь циклонов.

Литература

1. Dessler A. The Chemistry and Physics of Stratospheric Ozone/New York. – Academic. – 2000. – 680p.
2. Newman P. A. Stratospheric Ozone; An Electronic Textbook. Studying Earths Environment From Space. –NASA. – 2003. – 480p.
3. Александров Э. Л. Озонный щит Земли и его изменения / Э. Л. Александров, Ю. А. Израэль, И. Л. Кароль, А. Х. Хргиан. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 288 с.
4. Chapman S. A theory of upper atmospheric ozone. / S. Chapman // Mem. Royal. Met. Soc. – 1930. – 3. – P.103-125.
5. Molina M. J. Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom catalyses destruction of ozone. / M. J. Molina, S. F. Rowland // Nature. – 1974. – 249. – P.810-812.
6. Salby M. L. Fundamentals of atmospheric chemistry// San Diego. – Academic Press. – CA – 1996. – 560p.
7. Okabe H. Photochemistry of small molecules / H.Okabe // A Willey-interscience publication-John Wiley & sons. New York- Chichester-Brisbane-Toronto. – 1978. – 290 p.
8. Хргиан А. Х. Физика стратосферного озона./А. Х. Хргиан.//Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 292с.
9. Холтон Д.Р. Динамическая метеорология стратосферы и мезосферы. – Л. Гидрометеиздат, 1986. – 232с.
10. Крупномасштабные динамические процессы в атмосфере. Сборник статей / под редакцией В. П. Дымникова// М.: Мир. – 1988. – 430с.
11. Жадин Е. А. Планетарные волны и межгодовые аномалии озона в полярных районах./ Е. А. Жадин// Известия РАН Физика атмосферы и океана. – 1990. – №26. – С.1150-1160.
12. Моханакумар К. Взаимодействие тропосферы и стратосферы/ пер. с англ. Р.Ю. Лукьяновой, под ред. Г. В. Алексеева// М.: Физматлит. – 2011. – 452с.
13. Тихий океан. (АН СССР. Институт океанологии). В 13 томах. — М.: Наука, 1966 – 1974.
14. <http://reanalyses.org/ocean>
15. <http://www.woudc.org>
16. Айвазян С. А. Прикладная статистика и основы эконометрики. / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. – М.: Юнити, 1998, 1022 с.
17. Закс Ш. Теория статистических выводов / Ш. Закс. Пер. с англ. Е.В.Чепурина; под ред. Беляева Ю.К. – М.: Мир, 1985. – 776 с.
18. Скворцов А. В. Триангуляция Делоне и ее применение / А. В. Скворцов. – Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2002. – 128 с.

Надійшла до редколегії 15.09.2013

