

УДК 911.574.5

А. В. Холопцев¹, доктор геогр. наук, профессор,**М. П. Никифорова**², канд. геогр. наук¹ кафедра судовождения и географии водных путей,² кафедра гуманитарных и естественнонаучных дисциплин,

Севастопольская морская академия,

ул. Рыбаков, 7-а, Севастополь, 99055, Крым

kholoptsev@mail.ru, maha.ukraine@gmail.com

ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ «ГЛОБАЛЬНОГО ЗАТЕМНЕНИЯ» ЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ И ОБЛАЧНОСТЬ

Выявлены сегменты земной атмосферы, в которых влияние на среднюю оптическую плотность облачности, таких природных факторов, как изменения среднегодовых значений общего содержания озона, солнечной активности, а также суммарной продолжительности периодов преобладания в Северном полушарии Земли структур атмосферной циркуляции, относящихся к группам меридиональной северной и меридиональной южной, является значимым.

Ключевые слова: глобальное затемнение, оптическая плотность облачности, солнечная активность, общее содержание озона, атмосферная циркуляция.

ВВЕДЕНИЕ

Уменьшение среднего значения коэффициента прозрачности земной атмосферы в видимом диапазоне, которое G.Stanhill и S.Cohen [23] назвали «глобальным затемнением», существенно влияет на потоки суммарной солнечной радиации, воздействующей на ландшафтные комплексы многих регионов нашей планеты. Это явление реально сказывается на развитии земной растительности, а также частично компенсирует потепление климата в различных регионах Земли [19]. Поэтому выявление особенностей влияния на данный процесс различных природных факторов является *актуальной* проблемой общей физической географии.

В работе [23] установлено, что во второй половине XX в. средний поток суммарной солнечной радиации, поступающей на поверхность нашей планеты, устойчиво снижался в среднем на 2% за десятилетие. В то же время значения солнечной постоянной оставались практически неизменными. Из этого следует, что за указанный период альbedo земной атмосферы увеличилось, а коэффициент ее прозрачности в видимом диапазоне уменьшился. В XXI в. этот процесс ощутимо замедлился, тем не менее, его причины продолжают вызывать существенный интерес в связи с практической важностью.

Согласно выводам Международной группы экспертов по проблемам изменений климата, главная причина рассматриваемого явления – это увеличение средней оптической плотности облачности, которая присутствует в земной атмосфере. Его следствием является замедление темпов глобального потепления

климата, поскольку увеличение альbedo атмосферы, либо снижение ее прозрачности всего на 1% способно компенсировать последствия удвоения содержания в ней диоксида углерода [19].

G. Stanhill и S. Cohen полагают, что основной причиной «глобального затемнения» земной атмосферы являются техногенные факторы. В конце XX в. эти факторы приводили к увеличению содержания в ней различного рода частиц аэрозоля, участвующих в образовании облачности [23]. Вместе с тем известно, что значимое влияние на среднюю оптическую плотность облачности способны играть также природные факторы, которые влияют на средние значения температуры и абсолютной влажности воздуха тех слоев атмосферы, которые ее содержат [2, 18]. К числу подобных факторов относятся такие, как изменения солнечной активности, общего содержания озона (ОСО), а также повторяемости структур общей циркуляции атмосферы, относящихся к группам меридиональная южная и меридиональная северная.

Это позволяет склониться к мысли, что происходившее «затемнение» некоторых сегментов земной атмосферы могло быть вызвано действием подобных факторов. Поэтому целью данной статьи является оценка и проверка физико-географической гипотезы «глобального затемнения» как важное свойство географической оболочки в период современных изменений климата Земли. Это явление может объяснить многие изменения климата, радиационного баланса и водообмена, долговременных изменений уровня океана, формирования нулевой поверхности и формы Земли. Учитывая изложенное, для достижения указанной цели в данной работе следовало решить следующие задачи: а) выявить расположения сегментов земной атмосферы, в которых межгодовые изменения среднемесячных общих содержаний озона и вариации солнечной активности между собой значимы и положительно коррелированы; б) сопоставить, проанализировать и оценить значимость влияния на изменения средней оптической плотности облачности в выявленных сегментах и вне их природных факторов первого и второго типа.

В этой связи была выполнена проверка адекватности выдвинутой гипотезы, согласно которой в разных сегментах земной атмосферы сказывается значимое влияние на среднюю оптическую плотность расположенной в отдельных сегментах верхней облачности. Причем, в итоге определяется интенсивность «затемнения» среднегодовых значений общего содержания озона, индексов солнечной активности, а также повторяемости структур атмосферной циркуляции, которые принято относить к группам: а) меридиональной северной и б) меридиональной южной.

Мониторинг состояния облачности над многими регионами нашей планеты осуществляется уже многие десятилетия, в том числе спутниковые наблюдения за изменениями распределения во всей земной атмосфере ее оптической плотности ведутся с января 1994 г. Тем не менее, адекватность выдвинутой гипотезы ранее не проверялась. Поэтому выявление сегментов земной

атмосферы, в которых те или иные природные факторы значимо влияют на происходящие в них изменения оптической плотности облачности, представляет значительный *теоретический и практический интерес*.

Учитывая это, *объектом* исследования в данной работе являлась роль различных природных факторов в изменениях распределения в земной атмосфере средней оптической плотности облачности. *Предметом исследования* в ней является расположение сегментов земной атмосферы, в которых изменения средней оптической плотности облачности под влиянием рассматриваемых природных факторов являются значимыми. Как можно видеть, поставленная цель и главнейшие задачи данной статьи направлены на получение очень важных материалов для понимания многолетних изменений различных компонентов природных комплексов.

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве фактического материала об изменениях общего содержания озона (ОСО) в земной атмосфере, использованы данные, которые получены от системы глобального спутникового мониторинга распределения в ней потоков ультрафиолетовой (УФ) радиации и озона, представленные в [5]. Эти данные соответствуют периоду, начиная с 1 января 1979 г. по 31 декабря 2010 г. Они характеризуются пространственным разрешением, составляющим $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ и относительной погрешностью измерения ОСО – $\pm 5\%$.

Данные о средней оптической плотности облаков, присутствующих в те или иные сутки в каждом сегменте земной атмосферы, имеющем размеры $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$, заимствованы из [4]. Они получены благодаря функционированию программы **NASA/GEWEX Surface Radiation Budget (SRB)** и **соответствуют** периоду, начиная с января 1994 г. Относительная погрешность указанных данных составляет 1,5%.

Как фактический материал о состоянии солнечной активности в тот же период использованы временные ряды среднемесячных значений чисел Вольфа, представленные в [6]. В качестве материала об изменениях повторяемости в северном полушарии структур атмосферной циркуляции, относящихся к группе МЮ, использованы данные [3].

При разработке методики исследования учитывалось, что на оптическую плотность облачности в некоторых сегментах земной атмосферы влияние природных факторов первого типа может быть наиболее значимым, если они действуют однонаправленно и синфазно. Поэтому вначале подобные сегменты были выявлены. Для этого использован метод корреляционного анализа. Рассматриваемая связь оценивалась как значимая, если достоверность подобного статистического вывода, оцененная по критерию Стьюдента, составляла не менее 95%. При отображении изолиний, ограничивающих участки земной поверхности с межгодовыми изменениями обоих факторов в том или ином месяце являлись взаимосвязанными и синфазными, применен метод триангуляции

Делонэ. С его помощью на контурных картах мира отображены изолинии значений коэффициента корреляции рассматриваемых процессов с параметрами 0,35 (95% порог). Также, для более полного отражения особенностей «рельефа» рассматриваемой поверхности, на них наносились изолинии 0,45 (99% порог) и 0,60.

При решении второй задачи для сегментов атмосферы размерами $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$, которые расположены в пределах выявленных областей (также вне их), для каждого месяца оценены вероятности того, что в них корреляция межгодовых изменений вариаций ОСО и солнечной активности, а также оптической плотности облачности, является значимой и положительной. Аналогичные оценки произведены для корреляций рассматриваемого процесса с изменениями повторяемости атмосферной циркуляции типа меридиональная южная и меридиональная северная. Число отдельных сегментов атмосферы, которые учитывались при получении подобных оценок, составляли соответственно 100 и 100. Координаты центров сегментов, которые расположены в пределах выявленной области, выбраны по методу Монте-Карло. Таким же способом определены координаты центров сегментов, которые расположены вне этой области.

В качестве оценок вероятности использованы значения частоты события, т.е. отношения количества тестируемых сегментов, в которых рассматриваемые связи признаны значимыми, к общему их количеству, равному 100.

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Согласно современным представлениям о причинах изменения средней оптической плотности облачности [2, 13, 16, 22], к числу наиболее существенных могут относиться вариации абсолютной влажности воздуха и потоков теплового излучения, поступающих в воздушные слои, которые ее содержат. Существенное влияние на изменения данной характеристики облаков нижнего и среднего яруса, а также вертикального развития, оказывают вариации температур подстилающей поверхности и нижних слоев тропосферы. На состояние облачности верхнего яруса значимое влияние способны оказывать также изменения поля температуры стратосферы, в которой тепло в основном образуется при поглощении озоном ультрафиолетовой радиации [15]. Так как основная часть озона, находящегося в земной атмосфере, располагается в стратосфере, изменения содержания этого вещества в некотором ее сегменте практически следуют за вариациями соответствующего значения общего содержания озона (далее ОСО). Поток ультрафиолетовой радиации, поступающий в любой сегмент стратосферы и в значительной мере поглощаемый в нем, определяется состоянием солнечной активности [20].

Еще одним механизмом изменения характеристик облачности под влиянием вариаций солнечной активности, по мнению [21], является форбуш-эффект. Он понимается как зависимость от солнечной активности интенсивности по-

токов космических лучей, которые, входя в атмосферу, ионизируют молекулы образующих ее газов и, тем самым, участвуют в процессах конденсации водяного пара.

К. Я. Кондратьевым и Г. А. Никольским [11] установлено, что в ходе одиннадцатилетнего солнечного ритма изменения коэффициента прозрачности земной атмосферы достигают $\pm 6\%$. По указанным причинам, вариации общего содержания озона и солнечной активности в некоторых сегментах земной атмосферы могут относиться к числу значимых факторов ее «глобального затемнения». Очевидно, что упомянутые факторы способны сильнее всего влиять на рассматриваемый процесс в тех сегментах земной атмосферы, где их межгодовые изменения происходят синхронно и синфазно. Причем, их корреляция должна быть значимой и положительной. Будем их в дальнейшем называть «*факторами первого типа*».

Существенной причиной изменения оптической плотности облачности в нижних слоях тропосферы является термическая трансформация воздушных масс. Ее особенности зависят от влагосодержания и направления движения воздушных масс. Вследствие этого, на изменения среднегодовых значений оптической плотности облачности над различными регионами нашей планеты способны ощутимо влиять вариации повторяемостей структур общей циркуляции атмосферы, которые относятся к различным группам.

Основой современных представлений о типизации структур атмосферной циркуляции являются работы Г. Я. Вангейма [7], А. А. Гирса [8] и Б. Л. Дзердиевского [9]. Наиболее интенсивная термическая трансформация воздушных масс возникает в периоды преобладания структур атмосферной циркуляции, которые Б. Л. Дзердиевский предложил относить к такой группе, как меридиональная южная (далее МЮ) [9, 10].

В группу меридиональной южной входят структуры атмосферной циркуляции, при которых над северным полюсом нашей планеты расположена область пониженного давления, происходит три – четыре выхода южных циклонов, но блокирующие процессы отсутствуют. В периоды преобладания таких видов атмосферной циркуляции теплые и влажные воздушные массы из низких широт активно проникают в высокие. Их термическая трансформация приводит к их охлаждению и, как следствие, – к существенному усилению содержащейся в них облачности нижнего и среднего яруса, а также вертикального развития, энергообмена и массообмена. Структуры атмосферной циркуляции, относящиеся к рассматриваемой группе, преобладали в северном полушарии в период после 1957 г. Во многих регионах данного полушария названные атмосферные структуры привели к существенному повышению средних температур зимнего сезона [14]. В итоге повысился температурный фон, за которым последовали соответствующие изменения атмосферных осадков, ледового режима, стока рек, водности малых озер и, как следствие, состояние природных комплексов на поверхности континентов.

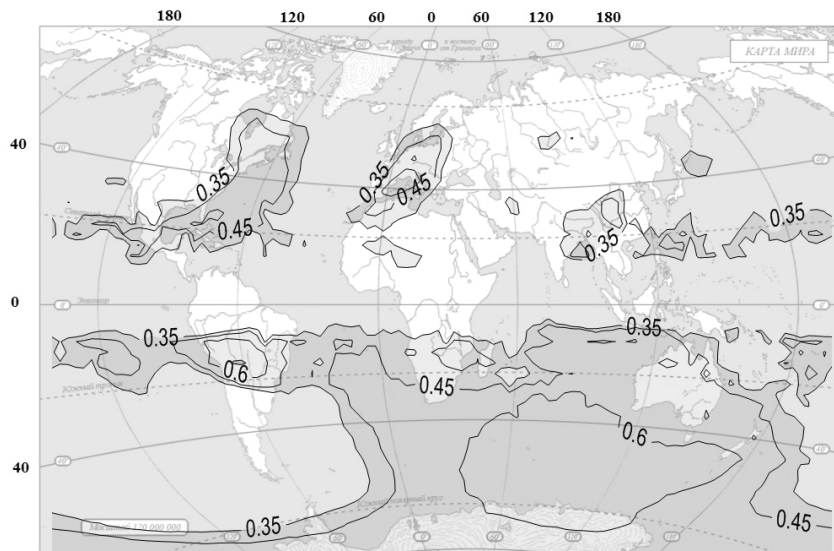
Снижение повторяемости рассматриваемых структур атмосферной циркуляции в северном полушарии, наблюдающееся в XXI в., явилось одним из факторов, действие которых практически прекратило потепление его климата, согласно работе [12]. В целом необычно, но такое существенное снижение повторяемости сопровождается продолжающимся увеличением средних концентраций в атмосфере «парниковых» газов.

Так как при меридиональных смещениях воздушных масс существенно изменяется оптическая плотность любых, содержащихся в них облаков, то изменения повторяемости периодов преобладания структур атмосферной циркуляции, относящихся к меридиональной южной группе, могут относиться к числу значимых природных факторов «глобального затемнения» атмосферы. Будем их в дальнейшем называть «*факторами второго типа*». Регионы нашей планеты, над которыми вариации средней оптической плотности облачности наиболее существенно зависят от повторяемости структур атмосферной циркуляции, относящихся к меридиональной южной группе, расположены в ее умеренных и суббореальных климатических поясах. Поскольку стратосферный озон образуется под воздействием ультрафиолетовой радиации, то при увеличении солнечной активности интенсивность его образования увеличивается. Ведь общее содержание озона при этом возрастает далеко не всегда и не везде. Основная причина – значения данной характеристики определяются интенсивностью не только образования озона, но и его разрушения. В сегментах атмосферы, где преобладает образование озона, изменения его общего содержания, а также потока тепла, поступающего из стратосферы в тропосферу, следуют за изменениями солнечной активности. В тех же ее сегментах, где более интенсивным является разрушение озона, корреляция изменений его общего содержания, а также потока «ультрафиолета», может не являться значимой, отсутствовать и даже – быть отрицательной [17].

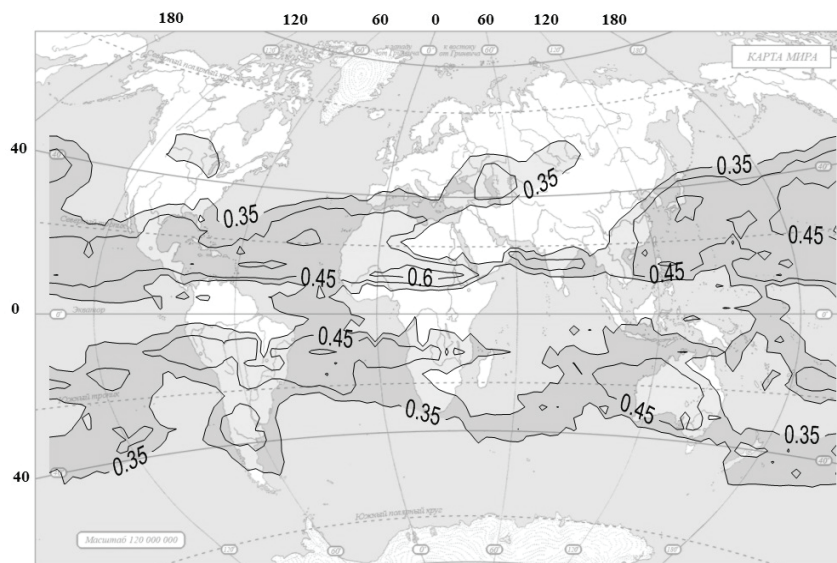
Как известно, поток солнечной радиации ультрафиолетового диапазона, которая участвует в образовании в подобном сегменте стратосферы озона, зависит от времени года. Существенно зависят от времени также поступающие в него потоки веществ, которые участвуют в разрушении озона [1]. Вследствие этого представляется вероятным, что расположения сегментов атмосферы, в которых значимое влияние на процесс ее «глобального затемнения» оказывают природные факторы того или иного типа, могут различаться.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В соответствии с изложенной методикой, выявлены расположения сегментов атмосферы, в которых корреляция межгодовых изменений общего содержания озона и чисел Вольфа положительна и значима. В качестве примера на рис. 1 приведены расположения подобных областей, которые соответствуют месяцам «октябрь» и «май».



А) октябрь



Б) май

Рис. 1. Схемы распределение в земной атмосфере ее сегментов, в которых межгодовые изменения среднемесячных общего содержания озона значимо коррелированы с совпадающими по времени вариациями солнечной активности

Как можно видеть, расположение и конфигурация границ области, в которой имеет место значимая и положительная статистическая связь межгодовых изменений общего содержания озона, с одной стороны, и солнечной активности, с другой стороны, существенно зависит от номера месяца, того или иного сезона года. В сентябре и октябре рассматриваемые области располагаются как в Северном полушарии, так и в Южном. Аналогичные схемы нами построены для всех месяцев. Их сопоставление показало, что в Северном полушарии рассматриваемые области располагаются преимущественно над субэкваториальным, тропическим и субтропическим климатическими поясами, а их площади достигают максимальных уровней в летние месяцы.

В Южном полушарии они встречаются над всеми климатическими поясами, в том числе и над Антарктидой в период существования **Озоновой Дыры**. Размеры рассматриваемых областей в южном полушарии максимальны в январе – феврале.

В среднем за год суммарная площадь областей, в которых межгодовые изменения чисел Вольфа и совпадающие с ними по времени вариации общего содержания озона значимо статистически связаны между собой, в Южном полушарии несколько больше, чем в Северном полушарии.

При решении *второй задачи* для каждого месяца оценены вероятности того, что корреляция межгодовых изменений средней оптической плотности облачности и факторов первого и второго типа является значимой в сегментах атмосферы, которые расположены в пределах соответствующих ему областей, а также вне их (табл. 1).

Таблица 1

Значения средних вероятностей значимости статистической связи изменений оптической плотности облачности, а также природных факторов первого и второго типа в пределах выявленных областей и вне их

Тип фактора	1	2
В пределах области	0.76	0.03
Вне области	0.07	0.64

Показанные данные отражают, что средние вероятности значимости влияния факторов на «глобальное затенение» первого и второго типа в том или ином сегменте атмосферы, существенно зависят от расположения этого сегмента. Если такой сегмент относится к области, в которой межгодовые вариации солнечной активности и ОСО между собой значимо статистически связаны, то при этом значения подобной оценки для факторов 1-го типа существенно больше, чем для факторов 2-го типа. Если же он расположен вне выявленной области, то вероятность того, что факторы 2-го типа значимо влияют существенно больше на оптическую плотность облачности. В течение каждого месяца года влияние изменений повторяемости структур атмосферной циркуляции мери-

диональной южной группы (МЮ) на рассматриваемую характеристику облачности, располагающейся над умеренным и над субарктическим климатическими поясами Северного полушария, является преобладающим, доминирующим.

Приведенные здесь оценки вероятнее всего доказывают, что на изменения средней оптической плотности облачности в большинстве сегментов земной атмосферы значимо влияют факторы либо 1-го, либо 2-го типов. Вследствие этого они способны вызывать изменения интенсивности «глобального затемнения» земной атмосферы и глобального климата. Этот элемент влияния на термический режим приземного слоя атмосферы является очень важным, но часто во внимание не принимается. Так как все рассматриваемые природные факторы изменяют состояние облачности, оказывают воздействие на поле температуры воздуха в тропосфере, то несомненно существенный интерес представляет рассмотрение вопроса о влиянии на их значимость происходящего в последние века увеличения содержания в ней парниковых газов.

Как известно [15, 22], следствием повышения концентраций в тропосфере «парниковых газов» является уменьшение ее теплопроводности. Уменьшается при этом и средний поток теплового излучения, поступающий от земной поверхности в слои тропосферы, в которых формируется облачность верхнего яруса. В результате влияние на изменения их температуры вариаций потоков тепла, поступающего из стратосферы, при этом усиливается.

Уменьшение теплопроводности тропосферы вызывает также усиление влияния на изменения температуры ее нижних слоев потоков тепла, образующихся при конденсации водяного пара, возникающей при перемещениях в более высокие широты теплых и влажных воздушных масс, которые имеют место в периоды, когда структуры атмосферной циркуляции относятся к меридиональной южной группе. Следовательно, представляется вероятным, что дальнейшее увеличение содержания в тропосфере парниковых газов будет усиливать влияние на среднюю оптическую плотность облачности рассматриваемых факторов и 1-го и 2-го типа. Поэтому выявленный учеными Д.Стэнхиллом и С.Козном (Stanhill G. and Cohen S.) эффект «глобального затемнения» земной атмосферы, возможно, является проявлением отрицательной обратной связи в климатической системе планеты. Сегодня эта связь, как и в прошлом, уменьшает приток солнечной радиации к земной поверхности в периоды, когда, по тем или иным причинам, теплопроводность тропосферы снижается. Усиление антропогенного загрязнения тропосферы частицами аэрозоля действие данного механизма лишь усиливает.

ВЫВОДЫ

Таким образом, установлено:

1. В любом месяце года существуют обширные сегменты земной атмосферы, в которых значимыми факторами их «затемнения» являются либо изменения ОСО и солнечной активности (факторы 1-го типа), либо вариации повторяе-

мости периодов преобладания структур атмосферной циркуляции, относящихся к меридиональной южной группе (факторы 2-го типа).

2. Суммарные площади сегментов атмосферы, в которых факторы 1-го типа изменяются синхронно и синфазно, в течение года изменяются незначительно. В Северном полушарии они располагаются в основном над субтропическим, тропическим и субэкваториальным климатическими поясами. Их суммарные площади минимальны зимой и максимальны летом. В Южном полушарии такие сегменты могут быть расположены над любыми климатическими поясами, а их суммарные площади максимальны в январе и феврале.

3. В пределах областей, локализирующих подобные сегменты, вероятность значимости влияния на среднюю оптическую плотность облачности у факторов 1-го типа многократно выше, чем у факторов 2-го типа. Вне этих областей справедливо обратное соотношение.

4. Выявленные особенности подтверждают адекватность выдвинутых гипотез и указывают на целесообразность учета выявленных связей при моделировании и прогнозировании процесса «глобального затемнения».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров Э.Л. Озоновый щит земли и его изменения [Текст] / Э. Л. Александров, И. Л. Кароль. – СПб.: Гидрометеоздат, 1992. – 286 с.
2. Аэрозоль и климат: сб. науч. трудов [Текст] / под ред. К.Я. Кондратьева. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 511 с.
3. База данных об изменениях повторяемости структур атмосферной циркуляции, относящихся к группе МЮ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.Atmospheric-circulation.ru>
4. База данных о состоянии облачности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eosweb.larc.nasa.gov/>
5. База данных о состоянии озоносферы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.woudc.org/>
6. База данных о состоянии солнечной активности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sidc.oma.be/sunspot-data/>
7. Вангейм Г. Я. О колебаниях атмосферной циркуляции над Северным полушарием [Текст] / Г. Я. Вангейм // Известия АН СССР. Сер. География и Геофизика. – 1946. – № 5. – С. 405 – 416
8. Гирс А. А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов [Текст] / А. А. Гирс. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 488 с.
9. Дзердиевский Б. Л. Типизация циркуляционных механизмов в Северном полушарии и характеристика синоптических сезонов [Текст] / Б. Л. Дзердиевский, В. М. Курганская, З. М. Витивицкая // Труды Научно-исследовательских учреждений Главн. управл. Г.М.С. при СМ СССР. – 1946. – Сер. 2. – Вып. 21. – 80 с.
10. Дзердиевский Б. Л. Общая циркуляция атмосферы и климат. Избранные труды. [Текст] / Б. Л. Дзердиевский. – М.: Наука, 1975. – 286 с.
11. Кондратьев К. Я. Солнечная активность и климат [Текст] / К. Я. Кондратьев, Г. А. Никольский // Доклады АН СССР. – 1978. – т. 243. – № 3. – С. 607 – 610
12. Кононова Н. К. Циркуляция атмосферы в Европейском секторе Северного полушария в XXI веке и колебания температуры в Крыму / Н. К. Кононова // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2007 – Том 10. – Вып. 1. – С. 633 – 640
13. Логинов В. Ф. Вулканические извержения и климат [Текст] / Владимир Федорович Логинов. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 284 с.
14. Мартазинова В. Ф. Крупномасштабная циркуляция атмосферы XX столетия, ее изменения и современное состояние [Текст] / В. Ф. Мартазинова, Т. А. Свердлик // Наукові праці Українськ. науково-дослідного гідрометеорол. інст. – 1998. – Вип. 246. – С. 21 – 27
15. Матвеев Л. Т. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы [Текст] / Леонид Тихонович Матвеев. – СПб: Гидрометеоздат, 2000. – 778 с.

16. Хаин В. Е. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности [Текст] / В. Е. Хаин, Э. Н. Халилов. – Bourgas (Bg): SWB Publ. Co., 2008. – 304 с.
17. Холопцев А. В. Мировой океан и озоносфера [Текст] / А. В. Холопцев, М. П. Никифорова, А. В. Больших. – Stuttgart: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – 522 с.
18. Хромов С. П. Метеорология и климатология [Текст] / С. П. Хромов, М. А. Петросянц. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 528 с.
19. Climate Change 2007 – Impacts, adaptation and vulnerability: Contribution of Working Group II to Assessment Report Four of the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) [Текст]. – Cambridge: Cambridge University Press (UK), 2007. – 973 с.
20. Newman P. A. Stratospheric Ozone: An Electronic Textbook [Текст] / P. A. Newman. – NASA: USA Publ, 2003. – 480 с.
21. Palle E. T. The proposed connection between clouds and cosmic rays: Cloud behavior during the past 50 – 120 years [Текст] / E. Palle, C. J. Butler, // Journal Atm. Sol-Terres. Phys. – 2002. – 64 (3). – С. 327 – 337
22. Salby M. L. Fundamentals of Atmospheric Physics [Текст] / M. L. Salby. – New York: US Academic Press, 1996. – 560 с.
23. Stanhill G. Global dimming: a review of the evidence for a widespread and significant reduction in global radiation with discussion of its probable causes and possible agricultural consequences [Текст] / G. Stanhill and S. Cohen // Agriculture For Meteorology. – 2001. – Vol. 107 – С. 155 – 278

REFERENCES

1. Alexandrov, E. L., Karol, I. L. (1992), *Ozonovyi shit zemli i ego izmeneniya* [Ozone shield the earth and its changes], S-Pb.: Gidrometeoizdat, 286 p.
2. *Aerosol i klimat* [Aerosol and climate] (1991), / Ed. K. Y. Kondratieff, L.: Gidrometeoizdat, 511 p.
3. Database of changes recurrence patterns of atmospheric circulation, belonging to the group MS. Available at: <http://www.Atmospheric-circulation.ru>.
4. The database on the state of the cloud. Available at: <http://www.eosweb.larc.nasa.gov/>
5. The database on the state of ozone layer. Available at: <http://www.woudc.org/>
6. The database on the state of solar activity. Available at: <http://www.sidc.oma.be/sunspot-data/>
7. Vangeym, G. Y. (1946), O kolebaniyah atmosfernoï cirkulyacii nad Severnym polushariem [Oscillations of the atmospheric circulation over the northern hemisphere]. *Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR. Ser. Geographer. and Geofiz.*, 5, pp. 405 – 416
8. Gears, A. A. (1974), *Makrocirculacionnyi metod dolgosrochnyh meteorologicheskikh prognozov* [Macrocirculation method of long-term weather forecasts], L.: Gidrometeoizdat, 488 p.
9. Dzerdievsky, B. L., Kurgan V. M., Vitivitskaya Z. M. (1946), *Tipizatsiya cirkulyacionnykh mekhanizmov v Severnom polusharii i harakteristika cinopticheskikh sezonov* [Typing circulation mechanisms in the northern hemisphere and characterization of synoptic seasons], M., L.: Gidrometeoizdat, Tr. H.-Y. institutions Ch. Ex. Hydro. Service under the USSR Council of Ministers. Ser.2 synoptic meteorology; Vol. 21. Central Institute of forecasts, 80 p.
10. Dzerdievsky, B. L. (1975), *Obshaya cirkulyatsiya atmosfery i klimat. Izbrannye trudy* [General circulation of the atmosphere and climate. Selected Works], M.: Nauka, 286 p.
11. Kondratyev, K. Y., Nikolsky, G. A. (1978), Solnechnaya aktivnost i klimat [The Solar activity and climate]. *Dokl. USSR Academy of Sciences*, V. 243. – № 3. – pp. 607 – 610
12. Kononova, N. K., (2014), Cirkulyatsiya atmosfery v Evropeiskom sektore Severnogo polushariya v XXI veke I kolebaniya temperatury v Krymu [Atmospheric circulation in the European sector of the northern hemisphere in the XXI century and temperature fluctuations in the Crimea]. *Geopolitics and Ecogeodynamics regions*, Vol. 10, Issue. 1, pp. 633 – 640
13. Loginov, V. F. (1984), *Vulkanicheskie izverjeniya i klimat* [Volcanic eruptions and climate], L.: Gidrometeoizdat, 284p.
14. Martazinova, V. F, Sverdluk, T. A. (1998), Krupnomasshtabnaya cirkulyatsiya atmosfery XX stoletiya, ee izmeneniya I sovremennoe sostoyaniye [Large-scale atmospheric circulation of the twentieth century, its changes and the current state]. *Naukovi pratsi Ukrayinsky Naukovo-doslidnogo gidrometeorologichnogo institutu*, Vyp. 246, pp. 21 – 27
15. Matveev, L. T. (2000), *Osnovy obshei meteorologii. Fizika atmosfery* [Fundamentals of general meteorology. Atmospheric physics], S-Pb.: Gidrometeoizdat, 778 p.
16. Hain, V. E., Khalilov, E. N. (2008), *Prostranstvenno-vremennyye zakonomernosti seismicheskoy i vulkanicheskoy aktivnosti* [Spatial and temporal patterns of seismic and volcanic activity], Bourgas: Bulgaria SWB, 304 p.

17. Kholoptsev, A. V., Nikiforova, M. P., Bolshyh A. V. (2014) *Mirovoy okean i ozonosfera* [*Oceans and ozonosphere*], Stuttgart: LAP Lambert Academic Publishing, 522 p.
18. Khromov, S. P., Petrosyants, M. A. (2001), *Meteorologhiya i klimatologhiya* [*Meteorology and climatology*], M: MGU, 528 p.
19. Climate Change (2007), Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to Assessment Report Four of the Intergovernmental Panes of Climate Change (IPCC), Cambridge, UK, Cambridge University Press, 973 p.
20. Newman, P. A. (2003), *Stratospheric Ozone: An Electronic Textbook*, NASA: USA Publ, 480 p.
21. Palle, E., Butler, C. J. (2002), The proposed connection between clouds and cosmic rays: Cloud behavior during the past 50 – 120 years. *J. Atm. Sol-Terres. Phys.*, 64(3), pp. 327 – 337
22. Salby, M. L. (1996), *Fundamentals of Atmospheric Physics*, New York: Academic Press, 560 p.
23. Stanhill, G., Cohen, S. (2001), Global dimming: a review of the evidence for a widespread and significant reduction in global radiation with discussion of its probable causes and possible agricultural consequences. *Agric. For. Meteorol*, 107, pp. 155 – 278

Поступила 5.02. 2015

А.В. Холопцев¹, доктор геогр. н., проф.

М. П. Нікіфорова², канд. геогр. н.

¹ кафедра суднокерування та географії водних шляхів,

² кафедра гуманітарних та природничо-наукових дисциплін,

Севастопольська Морська академія,

вул. Рибалок 7а, Севастополь-55, 99055 Крим, РФ

khloptsev@mail.ru, maha.ukraine@gmail.com

ПРИРОДНІ ФАКТОРИ «ГЛОБАЛЬНОГО ЗАТЕМНЕННЯ» ЗЕМНОЇ АТМОСФЕРИ ТА ХМАРНІСТЬ

Виявлене розміщення особливих сегментів земної атмосфери. В цих сегментах є певним вплив на пересічну в тропосфері оптичну щільність високої хмарності, яка визначає інтенсивність „затемнення” хмар. З цим пов’язані зміни пересічнорічних значень загального вмісту озону, індекси сонячної активності (числа „Вольфа” та „Брюкнера”). Встановлений зв’язок із повторюваністю структур атмосферної циркуляції, які звичайно відносять до меридіональної північної та меридіональної південної груп, і цей зв’язок є значимим.

Ключові слова: глобальне затемнення, оптична щільність, хмарність, сонячна активність, загальний вміст озону, атмосферна циркуляція.

A.V. Kholoptsev¹, Doctor of geography, Professor,

M. P. Nikiforova², Candidate of geography

¹Navigation and Maritime Safety Dept.,

²Humanitarian and natural-science disciplines Dept.

Sevastopol Maritime Academy

Rybakov St. 7, Sevastopol-55, 99055 RF

kholoptsev@mail.ru

NATURAL FACTORS OF THE «GLOBAL DIMMING» OF THE EARTH ATMOSPHERE AND ATMOSPHERIC UPPER CLOUDINESS

It is found that the number of significant nature factors of the “global dimming” include two types of nature processes.

The first type processes are the changes of the total ozone content distribution and the alterations in solar activity in the atmosphere of the Earth. The processes of this kind in the atmosphere above the subtropical and the tropical climate belt result in the changes of the optical density of the forming upper layer clouds (stratiform cirrous clouds).

The second type processes are the changes of the frequency of occurrence of the atmospheric circulation structures in the earth atmosphere which refer to the north meridional and south meridional group (according to B.L. Dzerdievsky's classification). These processes have the most essential impact on the changes of the optical density of the ground and middle layer clouds as well as the vertical development clouds in the atmosphere above the temperate zone and subboreal belt.

The investigation has revealed the position of the earth atmosphere segments in which the processes of one kind or another are significant factors of the year to year variations of the mean monthly values of the cloudiness optical density. The obtained results can be used while modeling and forecasting the changes of the total solar radiation coming on the different Earth segmental surfaces.

Key words: global dimming, cloudiness optical density, solar activity, total ozone content, atmospheric circulation.