

**Холопцев А.В., Жерновая Л.Я., Ленская Е.В., Свитченко В.И.**  
**ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ, КАК ФАКТОР МЕЖГОДОВОЙ**  
**ИЗМЕНЧИВОСТИ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ**  
**ОЗОНА НАД УКРАИНОЙ**

Изменение общего содержания озона (ОСО) над различными регионами планеты является одним из существенных факторов динамики их растительного покрова, а также состояния здоровья населения [1]. Поэтому выявление факторов, значимо влияющих на этот процесс, является актуальной проблемой физической географии и экологии.

Согласно современным представлениям [2, 3] о причинах динамики ОСО над тем или иным регионом, к числу наиболее значимых относятся изменения поступающих в стратосферу над ним потоков веществ, наиболее интенсивно разрушающих озон: атомарного хлора и радикалов ОН. Эти вещества – водяной пар и хлориды, доставляются в стратосферу восходящими потоками воздуха, преобладающими в центральных областях циклонов, достигших стадии максимального развития (и, следовательно, имеющих достаточную высоту). При этом в тропосферу они поступают с подстилающей поверхности в результате процессов испарения, а также образования океанических аэрозолей. Интенсивность, как первого, так и второго определяется температурой подстилающей поверхности. При ее увеличении содержание водяного пара и хлоридов в переносимом циклонами воздухе существенно возрастает. Поэтому основными факторами изменчивости среднемесячных значений ОСО над тем или иным участком земной поверхности являются повторяемость над ним циклонов и содержание в них упомянутых веществ.

Как известно, усилившейся в период после 1980 года парниковый эффект привел к потеплению во многих регионах планеты [4], следствием чего явилось, увеличение содержания водяного пара и хлоридов в каждом проходящем над ними циклоне. При этом несколько возросла и средняя мощность каждого циклона (поскольку конденсация содержащегося в нем водяного пара является значимым источником его энергии). Другим следствием этого же явления служит изменение поля атмосферного давления, определяющего траектории движения каждого циклона. При этом их повторяемость над некоторыми регионами может, как увеличиваться, так и уменьшаться.

Нетрудно видеть, что в регионах, где повторяемость циклонов увеличивается, вторичное потепление вызывает увеличение интенсивности разрушения стратосферного озона. В тоже время, в регионах, где их повторяемость уменьшается, динамика межгодовых изменений ОСО зависит от соотношения между влияниями упомянутых последствий усиления парникового эффекта (его значения могут, как увеличиваться, так и уменьшаться).

Установлено, что в период до 1995 года над большинством регионов планеты преобладали тенденции к уменьшению среднемесячных ОСО. В последующий же период над многими ее регионами выявлены противоположные тенденции. К числу последних относится и Украина [5], где в период после 1996 г. возрастающий тренд межгодовым изменениям среднемесячных ОСО свойственен в январе–июне. При этом в июле – декабре тоже явление происходит лишь над частью ее регионов.

Рассмотренные выше закономерности влияния усиления парникового эффекта позволяют предполагать, что описанный процесс, происходящий не только в Украине, но и многих других регионах мира, обусловлен этим же явлением.

Вместе с тем справедливость данного предположения не очевидна, поскольку тоже явление может быть обусловлено влиянием и других факторов, среди которых имеются и антропогенные. К их числу, в частности, могут относиться такие, как увеличение выбросов в атмосферу метана, угарного газа и других веществ, связывающих атомарный хлор и радикалы ОН и, тем самым, препятствующих разрушению стратосферного озона.

Непосредственная проверка справедливости рассматриваемого предположения весьма проблематична, поскольку системы глобального мониторинга изменчивости содержания в земной атмосфере всех парниковых газов ныне не создано. Для его косвенного подтверждения можно было бы использовать данные о связи межгодовых изменений ОСО над Украиной с процессами, образующимися в результате усиления парникового эффекта и минимально подверженными влиянию местных факторов. К их числу, как известно, относятся межгодовые изменения средней температуры поверхности Северного полушария планеты. Вместе с тем закономерности статистической связи этого процесса с межгодовыми изменениями среднемесячных значений ОСО над различными регионами Украины ныне изучены недостаточно.

Учитывая это, целью данной работы явилось изучение этих закономерностей, проявляющихся в различное время года на протяжении всего периода вторичного потепления.

**Методика и фактический материал**

Для достижения данной цели осуществлялся корреляционный анализ связей между временными рядами, отображающими динамику ОСО над различными регионами Украины, а также средних температур приземного слоя атмосферы над Северным полушарием планеты за период с 1 января 1979 года по 31 декабря 2006 года. Значение порогов 99% и 95% достоверной корреляции по критерию Стьюдента определялось по стандартной методике [6]. Число степеней свободы изучаемых рядов определялось по их автокорреляционным функциям и составило 28. Поэтому значения 99% и 95% порогов корреляции составили 0,5 и 0,4.

Фактический материал получен из интернета. При этом данные об изменениях температур северного и

южного полушарий представлены в виде временных рядов средних значений за каждый месяц полученных с сайта dss.ukar.edu. Эти ряды включают данные за период с января 1856 по декабрь 2006г.. Информация об изменениях ОСО получена с сайта Woudc (www. woudc.org). Она представляет собой карты, отображающие графически распределения среднесуточных значений ОСО во всей земной атмосфере за каждые сутки за период с 1 января 1979 по 31 декабря 2006г.. Эта информация преобразовывалась в числовые массивы с помощью специальной программы. Каждому квадрату поверхности планеты размером  $1 \times 1^\circ$  ставилось в соответствии число равное среднесуточному значению ОСО над ним. Погрешность преобразования составила 12.5 единиц Добсона.

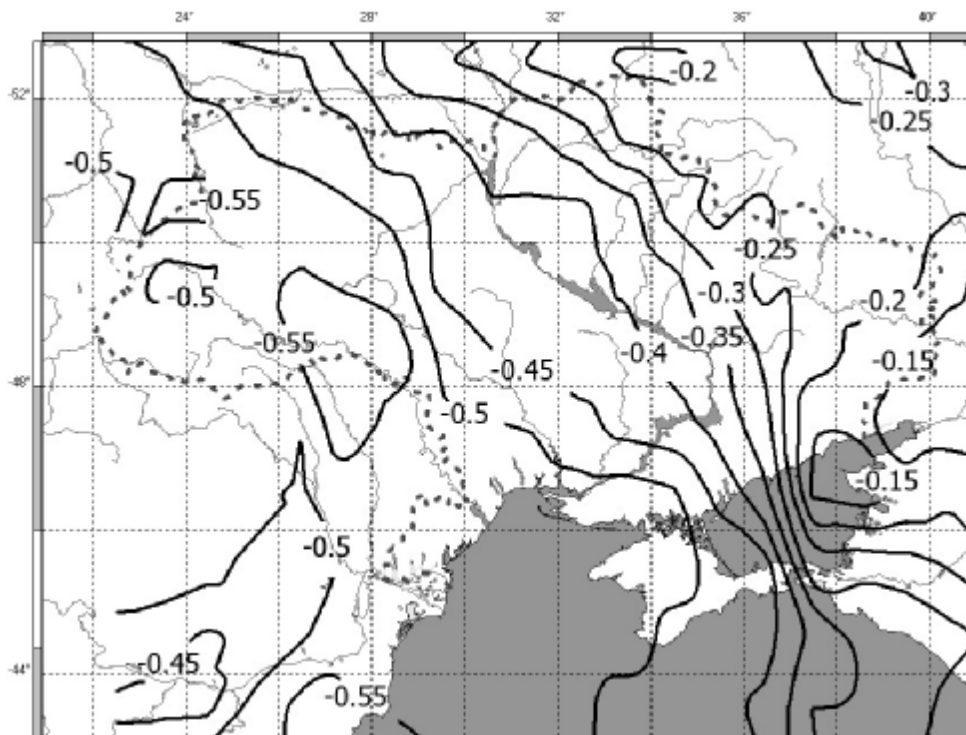
Полученные таким образом временные ряды среднесуточных ОСО для каждого квадрата территории Украины за тот или иной месяц усреднялись. При этом для каждого квадрата был получен временной ряд среднemesячных значений ОСО длиной 28 членов.

Распределение по территории Украины значений коэффициента корреляции отображалось в виде карт с использованием метода триангуляции Делоне [7]. На этих картах отображались изолинии, соответствующие значениям 99% и 95% порогов корреляции.

#### Результаты и их анализ

Обработка, в соответствии с рассмотренной методикой, упомянутых временных рядов позволила установить, что статистическая связь между изменениями среднemesячных значений средней температуры Северного полушария, а также межгодовой динамикой ОСО над различными регионами Украины является значимой лишь в мае и июне. В прочие месяцы существенной корреляции между этими процессами здесь не выявлено.

На рис.1 приведено распределение по территории Украины значений коэффициента корреляции рассматриваемых процессов в мае.

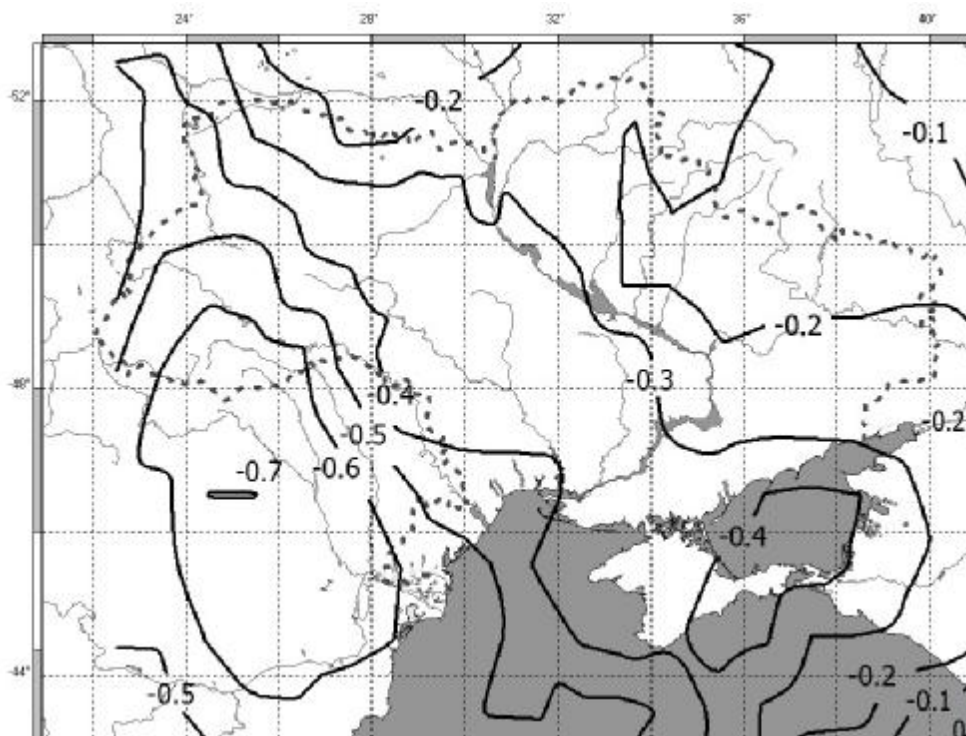


**Рис.1.** Распределение по территории Украины значений коэффициента корреляции межгодовых изменений среднemesячных значений температуры Северного полушария, а также ОСО над различными квадратами ее поверхности площадью  $1 \times 1^\circ$ , проявившихся за период с 1979 по 2006 год в мае.

Из рис.1 следует, что корреляция межгодовых изменений среднemesячных значений ОСО над всеми регионами Украины, а также средней температуры Северного полушария в мае является отрицательной (глобальному потеплению соответствуют тенденции к более или менее быстрому разрушению озонового слоя). Ее значения монотонно увеличиваются с запада на восток.

Статистическая связь между рассматриваемыми процессами является значимой (значения коэффициента корреляции меньше чем  $-0.4$ ) на всех территориях Украины, расположенных к западу от Днепра, а также на расположенных к востоку от него территориях Приднепровской, Причерноморской низменности и на Крымском полуострове. Наиболее сильной она является на Буковине и востоке Украинских Карпат (коэффициент корреляции меньше  $-0.55$ ).

На рис.2 представлено аналогичное распределение для июня.



**Рис.2.** Распределение по территории Украины значений коэффициента корреляции межгодовых изменений среднемесячных значений температуры Северного полушария, а также ОСО над различными квадратами ее поверхности площадью  $1 \times 1^\circ$ , проявившихся за период с 1979 по 2006 год в июне.

Как видно из рис.2, в июне, как и в мае, корреляция межгодовых изменений среднемесячных значений средней температуры Северного полушария, а также ОСО над всеми регионами Украины, является отрицательной, а ее значения практически всюду возрастают с запада на восток. Исключением являются лишь ее регионы, расположенные к югу от параллели  $47^\circ \text{N}$ . Здесь, над западными и восточными районами Причерноморской низменности, значения коэффициента корреляции рассматриваемых процессов меньше, чем над ее центральными районами, а над востоком Крымского полуострова они меньше, чем над его западом.

Значимой статистической связью между изучаемыми процессами является на западе Волынского и Малом Полесье, Волынской и Подольской возвышенностях, на Предкарпатье, Карпатах, Буковине и Закарпатской низменности. Максимальная связь изучаемых процессов (значения коэффициента их корреляции менее  $-0.6$ ) на наиболее высокой части Украинских Карпат (Горганы).

#### Обсуждение

Полученные результаты в целом соответствуют современным представлениям о закономерностях влияния на межгодовые изменения среднемесячных ОСО над Украиной усиления парникового эффекта.

Существование отрицательной корреляции межгодовых изменений среднемесячных значений ОСО над Украиной, а также средних температур Северного полушария, произошедших за период вторичного потепления, свидетельствует о том, что в это время изменения поступающих в стратосферу над Украиной потоков водяного пара и хлоридов происходили однонаправленно с изменениями средних температур Северного полушария и соответствовали имевшему место усилению парникового эффекта.

Статистическая связь между рассматриваемыми процессами, выявленная в мае, а также июне над западными регионами Украины, является более сильной, по сравнению с ее восточными регионами, что свидетельствует об аналогичном изменении при этом и поступающих в стратосферу потоков веществ, разрушающих озон. Это соответствует представлениям о том, что основную часть этих потоков доставляет в Украину воздух, приносимый атлантическими циклонами, так как содержание в нем водяного пара, вследствие выпадения атмосферных осадков, уменьшается с запада на восток. Также это позволяет предполагать, что фактор увеличения содержания в каждом, приходящем в Украину атлантическом циклоне в мае и июне водяного пара и хлоридов, является более влиятельным, чем фактор изменения их повторяемости, а также местные факторы.

Весьма существенным является также зафиксированное отсутствие значимой статистической связи между изучаемыми процессами в прочие месяцы.

Как известно [8], в холодный период года интенсивность испарения с участков суши, над которыми перемещаются атлантические циклоны, мала. Вследствие этого содержание водяного пара в приносимом ими в Украину воздухе невелико и в большей степени зависит от температур поверхности этих участков, чем от зависящих от парникового эффекта температур акваторий Северной Атлантики, где они образуются. К тому же основную часть потока влажного воздуха доставляют сюда молодые средиземноморские циклоны, высота которых недостаточна для эффективной транспортировки его в озоновый слой.

Атлантические циклоны приходят в Украину за три-четыре недели, а средиземноморские – за одну-две. Поэтому потепление в Северном полушарии, а также районах формирования этих циклонов на разрушение ОСО в период с ноября по апрель влияет менее существенно, чем фактор изменение их повторяемости.

В июле – октябре воздух, увлекаемый с Атлантики циклонами, приходит в Украину в августе – ноябре, когда поток суммарной солнечной радиации, поглощаемый участками подстилающей поверхности, над которыми он проходит, существенно уменьшается. Вследствие этого происходит термическая трансформация, вызывающая охлаждение нижних слоев этого воздуха и повышение его устойчивости. В результате последнего, интенсивность атмосферных осадков, приносимых каждым циклоном в Украину, возрастает, а поток веществ разрушающих стратосферный озон, уменьшается. Как следует из сопоставления [9], а также [10], тенденции изменения повторяемости циклонов над Украиной в июле-октябре за период вторичного потепления существенно изменились. В то время как в начале этого периода их повторяемость возрастала [9], то после 1996 г. она уменьшалась [10]. Поэтому в целом за период вторичного потепления, в указанные месяцы влияние фактора изменения повторяемости над Украиной атлантических циклонов на динамику ОСО было менее существенным по сравнению с прочими факторами. В итоге влияние обоих факторов, обусловленных усилением парникового эффекта, было не велико, по сравнению с иными региональными и местными факторами, что и привело к отсутствию значимой корреляции между изучаемыми процессами.

#### **Выводы**

Таким образом, установлено, что корреляция происходивших за период вторичного потепления на протяжении всего года межгодовых изменений среднемесячных значений ОСО над Украиной, а также средних температур Северного полушария отрицательна, но статистически значимой она является лишь в мае и июне. Это, а также особенности распределения по территории Украины значений коэффициентов корреляции рассматриваемых процессов, косвенно подтверждает справедливость предположения, согласно которого главным фактором динамики ОСО над ее регионами, зафиксированной в период вторичного потепления, является усиление парникового эффекта, обуславливающее увеличение содержания водяного пара и хлоридов в атлантических циклонах.

#### **Источники и литература**

1. Александров Э.Л., Седунов Ю.С. Человек и стратосферный озон. – Л. «Гидрометеиздат», 1979. – 104 с.
2. Перов С.П., Хргиан А.Х. Современные проблемы атмосферного озона. – Л. «Гидрометеиздат», 1980 г., –287с.
3. Александров Э.Л., Израэль Ю.А., Кароль И.Л., Хргиан А.Х. Озонный щит Земли и его изменения. – С–Пб. «Гидрометеиздат», 1992. – 288 с.
4. Изменения климата. Обобщенный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата/ Под ред. Р.Т. Ватсона и ЮНЕП, 2001. – 320 с.
5. Холопцев А. В., Одинцов А. Н. О тенденциях изменения распределения общего содержания озона в атмосфере над территорией Украины в период с 1979 по 2006 г. Вісник Одеського національного університету. –Т. 13. – Одесса. ОНУ. 2007. – С. 66–73.
6. Кендал М. Дж., Стьюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды. /Пер. с английского Э.Л. Пресмана, В.И. Ротаря, под редакцией А.Н. Колмогорова, Ю.В. Прохорова. – М.: «Наука» Главная редакция физико-математической литературы, 1976 г. – 736с.
7. Скворцов А. В. Триангуляция Делоне и ее применение. Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2002. – 128с.
8. Salby M.L., Fundamentals of Atmospheric Physics. – New York. Academic Press, 1996. –560 p.
9. Клімат України./ Під ред. В.М.Ліпінського, В.А.Дячука, В.М.Бабіченко. – Київ.: Видавництво Раєвського, 2003. – Р. 343с.
10. Холопцев А. В., Мацук Ю.М. Тенденции изменения распределения по территории Украины атмосферных осадков в период с 1973 по 2006 г.. Вісник Одеського національного університету. – Т. 13. – Одесса. ОНУ, 2007. – С. 74–78.

#### **Матюхина Н.С.**

### **ВНЕДРЕНИЕ МАЛОГО ГОРОДА В ТЕРРИТОРИАЛЬНО–РЕКРЕАЦИОННУЮ СИСТЕМУ**

#### **(на примере г. Старый Крым)**

На современном этапе развития экономики в нашей стране многие малые города находятся в упадке в связи с потерей своих функций и невозможностью, или нежеланием, приобретения других. Внедрение некоторых малых городов в территориально–рекреационную систему, включение их в рекреационные системы расселения является единственной возможностью для них выжить в современном мире.

Изучением функций городов занимались как отечественные, так и зарубежные ученые. Топчиевым А.Г.