

УДК911.2; 551.510.534; 523.98
DOI: 10.15587/2313-8416.2015.39146

РОЛЬ ВАРИАЦИЙ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ В ИЗМЕНЕНИЯХ СОСТОЯНИЯ ПРИПОЛЯРНОЙ ОЗОНОСФЕРЫ ВЕСНОЙ

© А. В. Холопцев, М. П. Никифорова

Изучено влияние вариаций солнечной активности на межгодовые изменения распределения общего содержания озона над приполярными регионами северного и южного полушария Земли в различные месяцы. Установлено, что весной это влияние является наиболее сильным. Корреляция рассматриваемых процессов в это время года является значимой и положительной. Выявлена роль солнечной активности в изменениях приполярной озоносферы

Ключевые слова: общее содержания озона, солнечная активность, озоновая дыра, корреляция, Арктика, Антарктика

The influence of sun activity variations on interannual distribution changes of total ozone amount over North and South hemispheres subpolar regions in different months was studied. It was established, that in springtime this influence is maximal. Correlation of studied processes in this time of year is significant and positive. The sun activity role in subpolar ozonosphere changes was revealed

Keywords: total ozone amount, sun activity, ozone hole, correlation, Arctic, Antarctic

1. Введение

Изменения общего содержания озона (ОСО) в тех или иных сегментах земной атмосферы существенно влияют на потоки биологически активной ультрафиолетовой радиации, которые поступают на соответствующие участки земной поверхности и оказывают ощутимое влияние на развитие многих видов обитающих на них живых существ. Поэтому выявление особенностей влияния на них различных факторов является актуальной проблемой физической географии, биогеографии и экологии.

Снижение ОСО, как правило, вызывает значимое ухудшение состояния популяций многих видов микроорганизмов и растений, а также способствует увеличению заболеваемости людей и животных онкологическими патологиями. Поэтому наибольший интерес решение рассматриваемой проблемы представляет для сегментов земной атмосферы, в которых ежегодно ОСО снижается до наинизших уровней.

Подобное явление, как известно, происходит в весенние месяцы над приполярными регионами Южного полушария, где в это время образуется Озоновая Дыра. В тоже время года области озоносферы, в которых существенно снижено ОСО, в некоторые годы регистрируются и над Арктикой.

Стратосферный озон образуется в реакциях цикла Чепмена, инициируемых ультрафиолетовой радиацией Солнца (УФ), поток которой зависит от солнечной активности. Чем выше солнечная активность – тем интенсивней образуется озон [1]. Это позволяет выдвинуть гипотезу, согласно которой и над приполярными регионами нашей планеты в весенние месяцы межгодовые изменения среднемесячных ОСО значимо и положительно коррелированы с вариациями солнечной активности.

Адекватность данной гипотезы не является очевидной, поскольку известно, что разрушение озона в приполярных сегментах стратосферы весной происходит при выделении веществ, участвующих в его разрушении, из приполярных стратосферных об-

лаков (ПСО). Этот процесс обусловлен повышением температуры воздуха, где они содержатся, которое является следствием поглощения стратосферным озоном УФ. Следовательно, чем выше солнечная активность, тем интенсивней разрушается весной стратосферный озон в приполярных сегментах стратосферы [2].

По указанным причинам к числу факторов, способных влиять на изменения состояния приполярных сегментов стратосферы весной, может относиться солнечная активность. Вместе с тем роль этого фактора здесь не вполне ясна, поскольку при повышении солнечной активности возрастают интенсивности, как образования стратосферного озона, так и его разрушения. По указанной причине выявление особенностей влияния вариаций солнечной активности на происходящие в весенние месяцы изменения распределения ОСО над Антарктикой и Арктикой, представляет существенный интерес.

2. Обзор литературы

Систематические наблюдения за состоянием озоносферы над Антарктикой начались в 50-х годах XX века, после открытия во многих районах Антарктиды стационарных полярных станций. Существенный вклад в развитие представлений о процессах, происходящих в ней, внесли исследования, проведенные по программе Международного геофизического года (1957-1959 гг.). Именно тогда, с использованием прямых инструментальных методов, впервые установлено, что в весенние месяцы ОСО над многими районами Антарктики ощутимо снижается. В том числе, подобное явление в 1957 г., на станции Halley-Bay (Великобритания) (75°S, 26°W), наблюдал Добсон. Тогда же оно было зафиксировано на станции Дюмон-Дюрвиль (Франция) (66,7°S, 140°E) [3].

Как показал анализ результатов озонометрических наблюдений, проводившихся на станциях Мирный (СССР) (66,6°S, 93°E), Новолазаревская

(70,8°S, 11,8°E) и Восток (78,5°S, 106,9°E), такие же явления регистрировались на них и ранее – с 1974 года.

Наличие убывающих трендов межгодовых изменений значений ОСО в весенние месяцы было установлено на антарктических станциях: Halley-Bay (75°S, 26°W) за период (1957-1968 г.г.), Syowa (69°S, 40°E) – с 1965 по 1976 г. и South Pole (90°S) – с 1962 по 1972 г. При этом оказалось, что за 11 лет на первой станции значения ОСО уменьшились на 6,3 %, на второй – 6,6 %, а на третьей станции за 10 лет – на 5,4 % [4].

Пространственную конфигурацию озоновой аномалии над Антарктидой, существующей здесь весной, впервые удалось выявить в ходе международного самолетного эксперимента 1978 г. Было установлено, что область, в которой происходит уменьшение ОСО, является единой. Термин «Озоновая дыра», обозначающий эту область, а также описание ее особенностей впервые были предложены в опубликованной в 1985 году работе британских ученых Дж. Шанклина, Дж. Фармена и Б. Гардинера [1].

С тех пор процессы, приводящие к образованию Озоновой Дыры, а также межгодовые изменения ее характеристик изучаются многими отечественными и зарубежными учеными. За период наблюдений выявлено устойчивое уменьшение средних значений ОСО в сентябре-ноябре над Антарктикой от 284 е.Д (в 1979 г.) до 181 е.Д (в 2010 г.).

Наблюдения за изменениями ОСО над Арктикой также продолжают уже много десятилетий. Они показали, что, как правило, в весенние месяцы значительных снижений ОСО над этим регионом не наблюдается. Локальные области, в которых снижено ОСО, здесь регистрируются лишь в отдельные годы.

В марте 2011 года над Арктикой было выявлено рекордное по масштабам и интенсивности уменьшение ОСО. В это время, всего за несколько недель значение ОСО здесь уменьшилось почти в 2 раза [6]. Возникшая озоновая аномалия уступала по своим характеристикам антарктической Озоновой Дыре, но, учитывая ее расположение вблизи от густо населенных регионов мира, данное событие вызвало значительный интерес у ученых. Тем не менее, причины, которые привели к возникновению рассматриваемой аномалии, ныне изучены недостаточно.

Впервые на солнечную активность, как фактор, способный вызывать изменения состояния озоносферы, указал Добсон в 1926 году [7]. Состояние солнечной активности принято характеризовать различными индексами, которые отражают интенсивность ее проявления в различных физических полях. Индексом солнечной активности, наблюдения за которым ведутся наиболее продолжительный период, являются относительные числа Вольфа, определяемые числом пятен и групп пятен, одновременно наблюдаемых на обращенном к Земле сегменте фотосферы Солнца [8].

Продолжающиеся с тех пор исследования показали, что в некоторых сегментах земной атмосферы ОСО увеличивается при повышении солнеч-

ной активности. Есть и такие ее сегменты, в которых увеличение солнечной активности вызывает снижение ОСО [7, 9]. Выявленные связи обусловлены влиянием солнечной активности на спектр солнечной радиации, воздействующей на земную атмосферу и носят причинный характер.

Фактический материал, используемый при проведении подобных исследований, включает данные, полученные с помощью как на наземных, так и спутниковых систем мониторинга. Первые наземные измерения ОСО в земной атмосфере в 1926 году были осуществлены Добсоном в п. Ароза (Швейцария) [10].

В СССР впервые аналогичные исследования провела в Купчино под Москвой группа ученых под руководством В.Г. Фесенкова [11]. Систематический мониторинг пространственно-временной изменчивости распределения ОСО над территорией России начался лишь в начале 60-х гг. XX в., после создания в СССР сети из 45 озонметрических станций [1].

Новый этап изучения особенностей пространственно-временной изменчивости ОСО над Антарктикой и Арктикой началась в январе 1979 г. С этого времени начала функционировать глобальная система спутникового мониторинга ОСО, которая сделала возможным получение оперативной информации о распределении озона над любыми районами планеты. Благодаря функционированию указанной системы ныне упомянутая информация представлена в свободном доступе на Интернет-сайте Всемирного центра мониторинга ультрафиолетовой радиации и озона [12]. Это позволяет изучать особенности изменчивости распределения ОСО в атмосфере над приполярными регионами нашей планеты в любые месяцы, с разрешающей способностью $1 \times 1^\circ$ и с точностью около 5 единиц Добсона.

Спутниковый мониторинг изменчивости ОСО до 2005 г. осуществлялся с помощью прибора TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) – спектрофотометра, установленного на ИСЗ Nimbus-7 (1978–1993 гг.), Meteor-3 (1991–1994 гг.), Earth Probe (1996–2004 гг.). Начиная с 2005 г. при этом используется более совершенный прибор OMI, функционирующий на ИСЗ Aura. Погрешность измерений ОСО не превышает 2 %.

3. Постановка задачи исследования

Наблюдения за изменениями солнечной активности осуществляются многими астрономическими обсерваториями мира, а полученные ими результаты представлены в свободном доступе на соответствующих интернет-сайтах [13]. Это позволяет использовать подобные результаты при моделировании и прогнозировании многих физико-географических процессов, для которых связи их состояний с солнечной активностью изучены. К числу этих процессов межгодовые изменения ОСО над приполярными регионами нашей планеты в весенние месяцы не относятся, поскольку их связи с солнечной активностью до сих пор изучены недостаточно. В результате проблема повышения эффективности моделирования и прогнозирования изменений ОСО над приполярными ре-

гионами нашей планеты весной все еще ждет своего решения.

Учитывая изложенное, объектом исследования в данной работе являются закономерности пространственно-временной изменчивости ОСО над приполярными регионами нашей планеты, в весенние месяцы.

Предмет исследования в ней – роль солнечной активности в изменениях ОСО над приполярными регионами планеты весной.

Цель работы – проверка адекватности выдвинутой гипотезы, а также явление особенностей влияния солнечной активности на характеристики формирующейся в это время года Озоновой дыры, а также арктической озоновой аномалии.

4. Методика исследования и фактический материал

Для достижения указанной цели применен метод корреляционного анализа связей между временными рядами среднемесячных значений ОСО в те или иные месяцы в различных сегментах земной атмосферы, а также совпадающими с ними по времени временными рядами среднемесячных значений такого индекса солнечной активности, как числа Вольфа.

Для каждого месяца выявлены сегменты земной атмосферы, размерами $1^\circ \times 1^\circ$, в которых межгодовые изменения среднемесячных значений ОСО за период с 1979–2014 гг. значимо и положительно коррелированы с совпадающими по времени вариациями чисел Вольфа.

Корреляция рассматриваемых временных рядов признавалась значимой, если соответствующее значение коэффициента парной корреляции превышало уровень 95 % порога достоверной корреляции по критерию Стьюдента, определенный по методике [14], с учетом числа степеней свободы изучаемых временных рядов.

Для определения числа степеней свободы каждого ряда изучена его автокорреляционная функция.

Результаты корреляционного анализа отображены на контурных картах мира изолиниями, соответствующими значению 95 % порога достоверной корреляции изучаемых процессов. Для большей наглядности на них также изображены вспомогательные изолинии, соответствующие уровням коэффициента корреляции +0.45 и +0.5. При построении указанных изолиний применен метод триангуляции Делоне.

Как фактический материал использованы временные ряды среднемесячных значений ОСО в различных сегментах земной атмосферы, размерами $1^\circ \times 1^\circ$, содержащие результаты мониторинга данной характеристики за различные месяцы для Южного и Северного полушария и всего рассматриваемого периода времени, представленные в [12].

Также, как фактический материал о солнечной активности, использованы временные ряды среднемесячных чисел Вольфа за те же месяцы и тот же период времени, полученные из [13].

5. Результаты и их анализ

В соответствии с описанной методикой осуществлен корреляционный анализ связей между временными рядами, которые отражают межгодовые изменения в различные месяцы среднемесячных ОСО в различных сегментах земной атмосферы, имеющих размеры $1^\circ \times 1^\circ$, а также совпадающие по времени вариации солнечной активности. Полученные результаты отображены на контурных картах мира изолиниями, соответствующими уровням 95 % порога достоверной корреляции по критерию Стьюдента (0.35), а также 0.45 и 0.6. На каждой карте, где суша показана белым цветом, а океаны – светло серым, ее области, оконтуренные изолинией +0.35, выделены более темным серым тоном.

В качестве примеров на рис. 1 представлены полученные таким способом карты, соответствующие месяцам сентябрь, октябрь, февраль и апрель.

Из рис. 1, а видно, что в сентябре рассматриваемые области располагаются не только в тропических зонах Северного и Южного полушарий, но и над приполярными регионами последнего. К числу упомянутых регионов относятся обширные территории Антарктиды (Земля Уилкса от побережья до 85 параллели), а также акватории южной части Индийского океана, которые граничат с ними.

Из рис. 1, б следует, что в октябре площади отображенных на нем областей в Южном полушарии существенно увеличились, а в Северном полушарии уменьшились. В том числе изучаемые области значимой положительной корреляции межгодовых изменений среднемесячных ОСО, а также солнечной активности, расположены над всей Антарктикой. Также они включают в себя акватории Индийского океана, находящиеся южнее параллели $10^\circ S$, а также Австралию и Южную Африку с прилегающими к ним акваториями Тихого и Атлантического океанов. При этом на месте области значимой положительной корреляции в сентябре, в октябре существует область наиболее сильной корреляции, оконтуренная изолинией +0.6.

Практически таким же является расположение изучаемых областей в Южном полушарии и в ноябре. В Северном полушарии в данном месяце области значимой положительной корреляции изменений ОСО и солнечной активности располагаются только в его тропической зоне, а их площади, по сравнению с октябрём, существенно уменьшаются.

Как видим из рис. 1, в, в феврале аналогичные области имеются и в Северном, и Южном полушарии. В Северном полушарии они встречаются не только в пределах его тропической зоны, но и над многими районами Гренландии, а также островами Канадского архипелага, где в этом месяце завершается полярная ночь и соответствующие сегменты стратосферы уже согреваются лучами Солнца. В Южном полушарии такие же области включают практически всю его тропическую зону, а также многие акватории южных частей Индийского и Атлантического океанов. При этом область, расположенная над акваториями Индийского у побережий Земли Уилкса существует на протяжении всего лета, хотя ее размеры от ноября к февралю заметно уменьшаются.

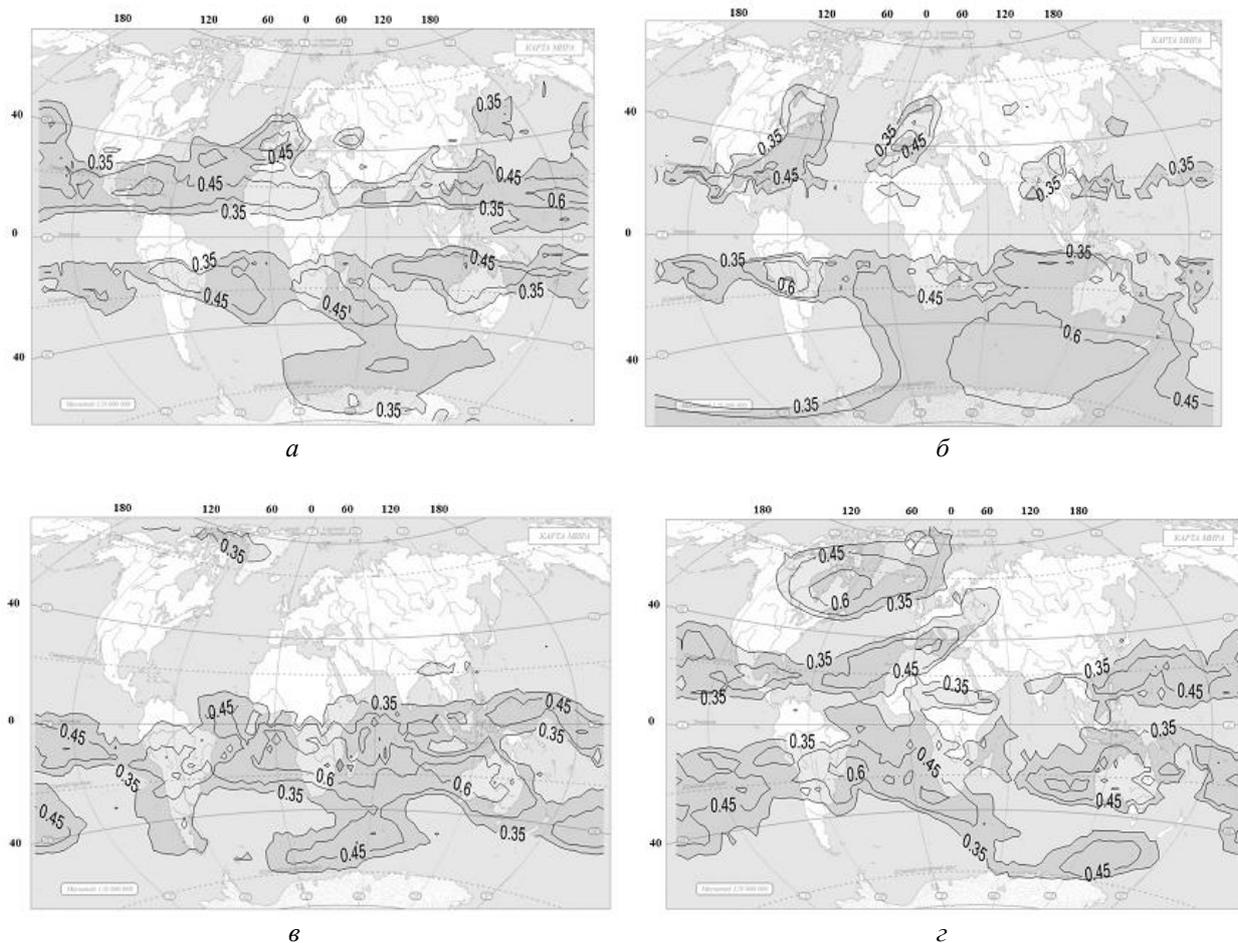


Рис. 1. Расположение в земной атмосфере областей значимой положительной корреляции межгодовых изменений среднемесячных ОСО и солнечной активности: *а* – сентябрь; *б* – октябрь; *в* – февраль; *г* – апрель

В марте расположения изучаемых областей над приполярными регионами Северного и Южного полушарий остаются неизменными. При этом в Северном полушарии размеры подобной области, в сравнении с февралем, ощутимо увеличиваются, а над Антарктикой остаются неизменными. Аналогичные процессы происходят и в апреле. Об этом свидетельствует рис. 1, 2, который показывает, что в указанном месяце области положительной корреляции изучаемых процессов также существуют как в обоих полушариях, занимая преимущественно их тропические зоны. Существуют также области, расположенные и над приполярными регионами. Из сравнения с рис. 1, в нетрудно заметить, что размеры подобной области, наблюдавшейся в феврале над Гренландией и Канадским архипелагом, в апреле значительно увеличились (они также превышают ее размеры в марте).

В пределы указанной области входят также многие территории северо-восточной части Северной Америки. Кроме того, область значимой положительной корреляции изменений ОСО и солнечной активности в апреле располагается над Южной и Восточной Европой. Она включает в себя значительную часть Европейской Территории России.

В Южном полушарии размеры рассматриваемой области в апреле значительно меньше, чем в сентябре и октябре, но сопоставимы с февральскими и мартовскими.

Изучаемые области над приполярными регионами Северного и Южного полушарий пропадают лишь в мае. Следует отметить, что в этом месяце значимая положительная корреляция вариаций солнечной активности имеет место с межгодовыми изменениями ОСО над основными сельскохозяйственными регионами России.

Над Антарктикой и южной частью Индийского океана область значимой положительной корреляции изменений ОСО и солнечной активности появляется лишь в августе. Она расположена там же, где и в сентябре, но имеет существенно меньшие размеры.

Как следует из изложенного, изучаемые области над приполярными регионами Южного и Северного полушарий нашей планеты существуют, а их размеры достигают максимальных уровней в весенние месяцы (соответственно в октябре и апреле). Корреляция межгодовых изменений ОСО и солнечной активности в пределах этих областей положительна и значима (превышает уровень 95 % порога по критерию Стьюдента). Последнее подтверждает адекватность выдвинутой гипотезы и указывает на то, что вариации солнечной активности весной в большей степени влияют на интенсивность образования стратосферного озона в приполярных сегментах атмосферы, чем на интенсивность высвобождения из приполярных стратосфер-

ных облаков веществ, участвующих в его разрушении.

Выявленные особенности целесообразно учитывать при моделировании межгодовых изменений ОСО над многими регионами мира, что может быть использовано для повышения эффективности систем мониторинга этого процесса.

Установлено, что в весенние месяцы межгодовые вариации ОСО во многих сегментах атмосферы над приполярными регионами нашей планеты значимо коррелированы с их изменениями в предыдущие месяцы (при сдвигах по времени на 1 и 2 месяца). Это позволяет использовать результаты мониторинга подобных вариаций в начале весны, для их прогнозирования на последующие весенние месяцы. Причиной наличия подобной связи, по-видимому, является инерционность процесса высвобождения из приполярных стратосферных облаков веществ, участвующих в разрушении озона.

6. Выводы

Таким образом, установлено.

1. По отношению к межгодовым изменениям среднемесячных значений ОСО над приполярными регионами нашей планеты, вариации солнечной активности являются фактором, который наиболее значим в весенние месяцы. Данный фактор в наибольшей степени влияет здесь на процесс образования стратосферного озона, что и объясняет наличие значимой положительной корреляции межгодовых изменений их характеристик.

2. В Южном полушарии область значимой положительной корреляции рассматриваемых процессов возникает над сектором южной части Индийского океана, а также прилегающими к нему территориями Антарктиды (Земля Уилкса) в августе. В весенние месяцы данная область расширяется, до максимума в октябре. В указанном месяце она охватывает всю Антарктику, Австралию, Южную Африку, а также многие, обширные акватории южных частей Тихого и Атлантического океана. В летние и осенние месяцы площадь этой области уменьшается с декабря до апреля. С мая по июль она не выявлена.

3. В Северном полушарии аналогичная область возникает над Гренландией и Канадским архипелагом в феврале, достигает максимального развития в апреле и ликвидируется в мае. В апреле в ее пределы входят также обширные территории северо-западных регионов Северной Америки (материковой части Канады). В месяцы с мая по январь значимой статистической связи межгодовых вариаций ОСО и солнечной активности в приполярных сегментах атмосферы над Северным полушарием не выявлено.

4. Выявленные закономерности целесообразно использовать для совершенствования систем мониторинга изменчивости характеристик озоносферы над приполярными регионами мира.

Литература

1. Александров, Э. Л., Озонный щит Земли и его изменения [Текст] / Э. Л. Александров, Ю. А. Израэль, И. Л. Кароль, А. Х. Хргиан. – СПб. – Гидрометеиздат, 1992. – 288 с.

2. Иванов-Холодный, Г. С., Коротковолновое излучение Солнца и его воздействие на верхнюю атмосферу и ионосферу [Текст] / Г. С. Иванов-Холодный, А. А. Цусинов // Исследование космического пространства. Итоги науки и техники. ВИНТИ: сб. науч. тр. – 1987. – Т. 26. – С. 80–154.

3. Douglass, A. R. The Antarctic ozone hole: An update [Text] / A. R. Douglass, P. A. Newman, S. Solomon // *Physics Today*. – 2014. – Vol. 67, Issue 7. – P. 42–48. doi: 10.1063/pt.3.2449

4. Капица, А. П., Подтверждение гипотезы о естественном происхождении Антарктической озоновой дыры [Текст] / А. П. Капица, А. А. Гаврилов // ДАН. – 1999. – Т. 366, № 4. – С. 543–546.

5. Farman, J. C. Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx/NOx interaction [Text] / J. C. Farman, B. G. Gardiner, J. D. Shanklin // *Nature*. – 1985. – Vol. 315, Issue 6016. – P. 207. doi: 10.1038/315207a0

6. Manney, G. L. Unprecedented Arctic ozone loss in 2011 [Text] / G. L. Manney et. al. // *Nature*. – 2011. – Vol. 12. – P. 9. doi: 10.1038/nature10556

7. Бекорюков, В. И. Долговременные изменения глобального озона [Текст] / В. И. Бекорюков // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. – 2009. – Т. 45, № 5. – С. 607–616.

8. Витинский, Ю. И. Статистика пятнообразовательной деятельности Солнца [Текст] / Ю. И. Витинский, М. Копецкий, Г. В. Куклин. – М.: Наука, 1986. – 201 с.

9. Dessler, A. The Chemistry and Physics of Stratospheric Ozone [Text] / A. Dessler. – N-Y and L.-Academic Press, 2000. – 214 p.

10. Dobson, G. M. B. 40 Years Research on Atmospheric Ozone at Oxford - A History [Text] / G. M. B. Dobson // *Applied Optics*. – 1968. – Vol. 7, Issue 3. – P. 387–405. doi: 10.1364/ao.7.000387

11. Фесенков, В. Г. Определения эквивалентной толщи атмосферного озона, произведенные в Купчино [Текст] / В. Г. Фесенков // Доклады АН СССР. – 1934. – Т. 2, № 8. – С. 448–449.

12. База данных об изменениях ОСО [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.woudc.org>

13. База данных об изменениях чисел Вольфа [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.gao.spb.ru/database/esai>

14. Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика [Текст] / А. И. Кобзарь. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.

15. Скворцов, А. В. Триангуляция Делоне и ее применения [Текст] / А. В. Скворцов. – Томск. Изд-во Томского государственного университета, 2002. – 128 с.

References

1. Aleksandrov, E. L., Izrael, Y. A., Karol, I. L., Hrgian, A. H. (1992). Ozone shield Earth and its changes. SPb. Gidrometeoizdat, 288.

2. Ivanov-Kholodny, G. S., Tsushin, A. A. (1987). Shortwave solar radiation and its effects on the upper atmosphere and ionosphere. Moscow:VINITY, Space exploration. The results of science and technology. Sat. scientific. tr., 26, 80–154.

3. Douglass, A. R., Newman, P. A., Solomon, S. (2014). The Antarctic ozone hole: An update. *Physics Today*, 67 (7), 42–48. doi: 10.1063/pt.3.2449

4. Kapitsa, P., Gavrilov, A. A. (1999). Confirmation of the hypothesis of a natural origin of the Antarctic ozone hole. DAN USSR, 366 (4), 543–546.
5. Farman, J. C., Gardiner, B. G., Shanklin, J. D. (1985). Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx/NOx interaction. Nature, 315 (6016), 207. doi: 10.1038/315207a0
6. Manney, G. L. et. al. (2011). Unprecedented Arctic ozone loss in 2011. Nature, 12, 9. doi: 10.1038/nature10556
7. Bekoryukov, V. I. (2009). Long-term changes in global ozone // Izvestiya RAN, Physics of the atmosphere and ocean, 45 (5), 607–616.
8. Vitinskii, Y. I., Kopecky, M. A., Kuklin, G. V. (1986). Statistics sunspot. Moscow: Nauka, 201.
9. Dessler (2000). The Chemistry and Physics of Stratospheric Ozone. N-Y and L, Academic Press, 214.
10. Dobson. G. M. B. (1968). 40 Years Research on Atmospheric Ozone at Oxford – A History. Applied Optics, 7 (3), 387–405. doi: 10.1364/ao.7.000387
11. Fesenkov, V. G. (1934) Determining the equivalent thickness of the atmospheric ozone produced in Kupcino. Reports of the USSR Academy of Sciences, 2 (8), 448–449.
12. Database on Total ozone changes. Available at: <http://www.woudc.org>
13. Database on Wolf index changes. Available at: <http://www.gao.spb.ru/database/esai>
14. Kobzar (2006). Applied Mathematical Statistics. Moscow: FIZMATLIT, 816.
15. Skvortsov, V. (2002). Delaunay triangulation and its application. Tomsk. Publishing House of Tomsk State University, 128.

Дата надходження рукопису 15.02.2015

Холопцев Александр Вадимович, професор, доктор географічних наук, завідувач кафедри, кафедра Судовождения и безопасности мореплавания, Севастопольская морская академия, ул. Рыбаков 7-а, г. Севастополь, 99055

E-mail: kholoptsev@mail.ru

Никифорова Мария Павловна, кандидат географічних наук, старший преподаватель, кафедра Судовождения и безопасности мореплавания, Севастопольская морская академия, ул. Рыбаков 7-а, г. Севастополь, 99055

E-mail: maha.ukraine@gmail.com

УДК 550.84.092.2(477)

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.39388

ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНА ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ МІСЬКИХ АГЛОМЕРАЦІЙ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

© В. Р. Клос, Е. Я. Жовинський, Н. О. Крюченко

Представлено результати еколого-геохімічних досліджень з оцінки ступеню забруднення ґрунтів міських агломерацій Київської області (на прикладі м. Бориспіль). Встановлено провідні елементи-забруднювачі (Zn, Cu, Pb, Ag, Hg) та їх джерела, розраховано площі забруднення. В рекреаційній зоні міста Бориспіль зафіксовано аномальний вміст Pb (в 150 разів вищий за фоновий) – звалище сміття з останками акумуляторів

Ключові слова: забруднення ґрунтів, геохімічні критерії, функціональні зони, місто Бориспіль, геохімічна формула

The results of ecological and geochemical investigations to assess the degree of soil contamination of urban agglomerations in Kyiv region (for example, in Boryspil) are shown. The leading polluting elements (Zn, Cu, Pb, Ag, Hg) and their sources are established and area of contamination are calculated. In the recreational area of Boryspil is recorded an abnormal content of Pb (in 150 times higher than background) – garbage dump with the remains of batteries

Keywords: soil contamination, geochemical criteria, functional areas, Boryspil, geochemical formula

1. Вступ

Україна є індустріальною державою з розвиненими металургійною, хімічною, машинобудівною, гірничо-видобувною та іншими галузями промисловості і високою щільністю населення, яке концентрується у великих промислових містах. Еколого-геохімічна оцінка міських агломерацій дозволяє найбільш повно оцінити сучасний екологічний стан природного міського середовища, виявити джерела його забруднення, оцінити їх масштаби та небезпечність впливу на довкілля і населення. В адміністративному відношенні м. Бориспіль входить до Київської області

та є районним центром України (населення 59 тисяч жителів) з розвинутою промисловістю. В місті нараховується більше 60 підприємств, загальне газопилове навантаження від яких складає близько 1,8 тис. тонн на рік. Найбільш характерними компонентами газопилових викидів є попел і сажа від згорання палива, деревний та мінеральний пил, аерозолі лаків і фарб, газові викиди (сірчаний ангідрид, окисли азоту та вуглецю, вуглеводні. Викиди несуть навантаження на навколишнє середовище, в тому числі, ґрунти, функціональні властивості яких знаходяться в прямій залежності від його кількісно-якісних особливостей.