

УДК 551.510.534

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОН ДЕФИЦИТА ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА В АТМОСФЕРЕ НАД РАЙОНОМ ГОРОДА ВОРОНЕЖ

С.А. Дьяков, Н.А. Жоголев

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

На основе данных Всемирной Метеорологической Организации об озоновом слое, получены особенности годового хода общего содержания озона (ОСО) и аномалий ОСО за период 2006-2011 гг. над районом города Воронеж. Выявлены закономерности пространственно-временного распределения зон дефицита озона, «озонных дыр» над ЕТР, влияющих на озоносферу города Воронеж. Исследованы синоптические и метеорологические условия, благоприятные для формирования «озонных дыр».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ГОДОВОЙ ХОД ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА (ОСО), АНОМАЛИИ ОСО, ОЗОННЫЕ ДЫРЫ.

Слой атмосферы, расположенный на высотах от 10 до 50 км насыщен озоном и может быть назван «озонным щитом» – экраном, защищающим жизнь на поверхности Земли от избытка вредной для нас ультрафиолетовой радиации Солнца.

Содержащийся в этом слое озон в различных районах Земли имеет разное количество и вертикальное распределение. По Бекорюкову В.И. [1] вертикальное распределение озона в разных районах Земли делится на три типа профиля: тропический, умеренный и полярный. Тропический и полярный тип характеризовались относительным постоянством озона, в то время как умеренный тип значительно большей изменчивостью. Колебание количества озона в умеренных широтах очень важно, так как падение концентрации данного вещества на 1% приводит в среднем к увеличению интенсивности жесткого ультрафиолета у поверхности земли на 2%.

В работе рассматривался район города Воронеж, расположенный в умеренных широтах ($\varphi = 52^{\circ}$). В данном районе озонопауза находится ниже тропопаузы, обычно на высоте 10-11 км, максимум озона – на высоте 22,4 км зимой, летом – 23,7 км. Причем количество озона летом ниже, чем зимой [2]. В период 2006-11 гг. проводился анализ состояния озонового слоя над городом Воронеж. При этом в качестве характеристик озонового слоя рассматривались общее содержание озона (ОСО, в единицах Добсона (DU)) и отклонение данной величины от нормы, в %. При проведении исследования использовались данные Всемирной Метеорологической Организации (WMO), аэросиноптический материал, данные радиозондирования атмосферы города Воронеж.

Цель данного исследования заключалась в оценке состояния озонового слоя и выявлении особенностей формирования зон дефицита общего содержания озона в атмосфере («озонных дыр») над районом города Воронеж.

Для реализации данной цели решались следующие основные задачи:

1. Проводился анализ годового хода характеристик части озоносферы над городом Воронеж в период 2006-2011 гг.
2. Устанавливались закономерности пространственно-временного распределения «озонных дыр» в районе города Воронежа.
3. Исследовались синоптические и метеорологические условия в районе города Воронежа при влиянии «озонных дыр».

В начале исследования проводился анализ годового хода ОСО и отклонение ОСО от нормы в рассматриваемый период (рис. 1, 2).

Полученные графики годового хода показывают, что среднемесячные значения количества озона имеют наибольшие колебания весной и летом, причем в 2011 году количество озона резко стало меньше по сравнению с 2010 годом. На протяжении рассматриваемого периода мощность озонового слоя уменьшается в конце лета (август).

Отклонение ОСО от нормы над городом Воронеж летом и осенью имеет чаще отрицательные значения. В период с августа 2010 года по август 2011 года весной и летом отрицательные аномалии увеличились, особенно в апреле, июле и августе. Аналогично мощности озонового слоя в июле и августе постоянно увеличиваются отрицательные аномалии количества озона.

Во второй части исследования устанавливались закономерности пространственно-временного распределения «озонных дыр» в районе города Воронежа. Для решения данной задачи рассматривались карты распределения ОСО и его отклонения от нормы в пространстве, полученные WMO [3].

Для оценки экстремальных уровней уменьшения озонного щита в районе города Воронежа, на указанных картах определялись зоны дефицита озона (с отклонениями ОСО от нормы – 20% и более), которые далее трактовались как «озонные дыры».

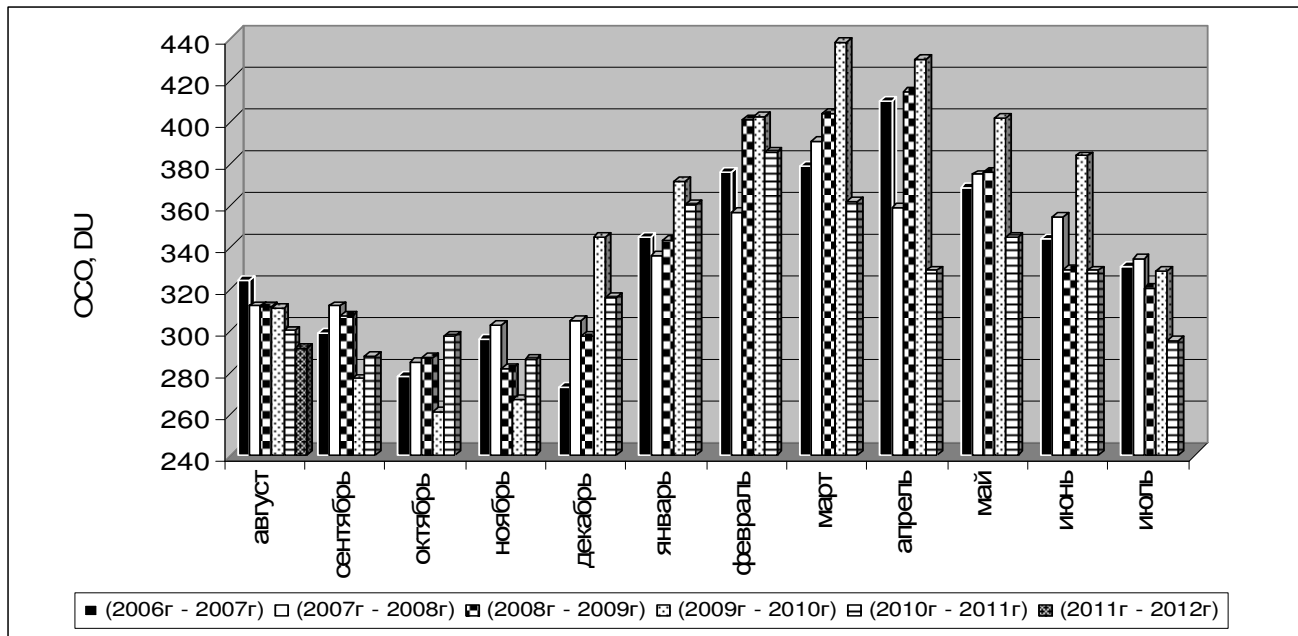


Рис. 1. Годовой ход ОСО в районе города Воронеж в период 2006-2011 гг.

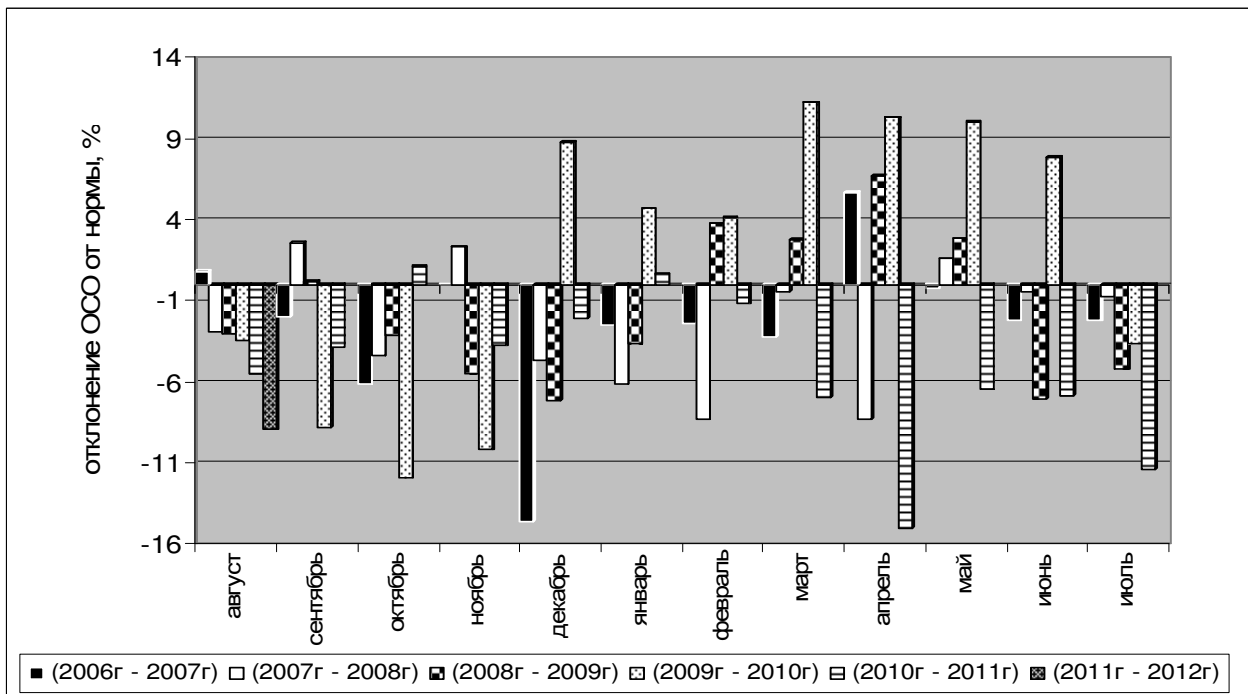


Рис. 2. Годовой ход отклонений ОСО от нормы в районе города Воронеж в период 2006-2011 гг.

Годовой ход данных образований показывает, что до 2009 года «озонные дыры» наиболее чаще наблюдались зимой, с 2009 года их повторяемость повысилась в конце осени и весной (рис. 3).

В период с 2006 года по настоящее время данные образования с мая по июль над городом Воронеж отсутствовали.

Над городом Воронеж «озонные дыры» как правило, смещались с северо-запада на юго-восток или с запада на восток.

При перемещении зоны дефицита озона над Воронежем центры «озонных дыр» располагались над центром ЕТР (г. Москва), севером ЕТР, а также в последнее время часто над районами Западной Сибири.

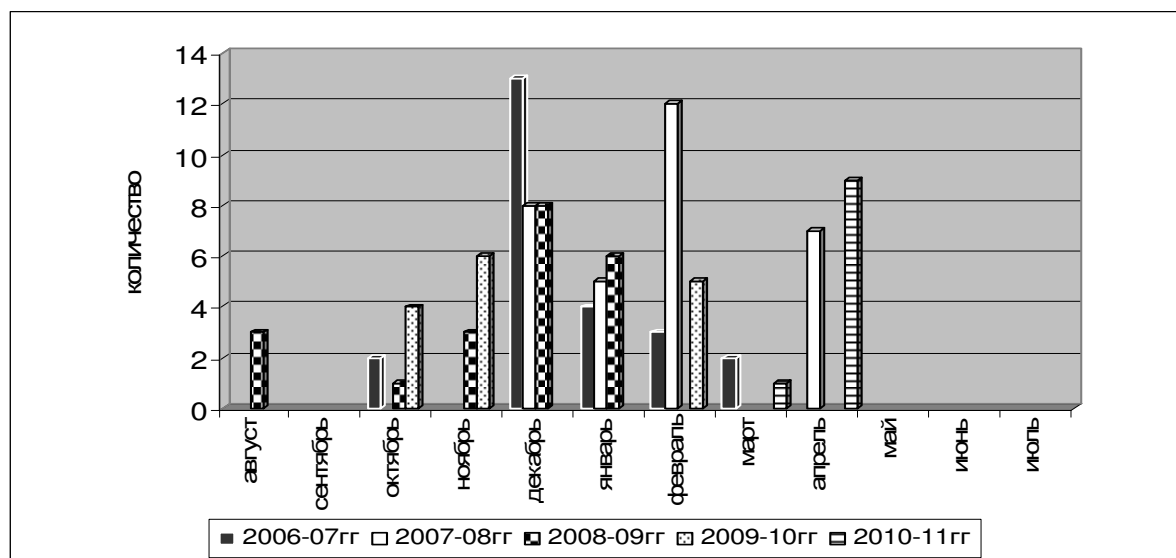


Рис. 3. Повторяемость «озонных дыр» в районе города Воронеж в период 2006-2011 гг.

Наиболее часто «озонные дыры», влияющие на район города Воронеж, имели минимальное ОСО и максимальное отклонение ОСО ниже нормы осенью. Однако в марте 2011 года практически в течение всего месяца над районами Арктики, Гренландии и севера Северной Америки наблюдалась «озонная дыра» с максимумом отклонения ОСО от нормы до 45%. В апреле 2011 года долгое время «озонная дыра» отмечалась над Сибирью с максимумом понижения озона до 40%. Данные образования оказали воздействие на озоносферу над городом Воронеж, что привело в этот период к максимальному отклонению ОСО от нормы до 30%.

Оценка состояния озонового слоя в районе города Воронеж показывает, что его мощность постоянно претерпевает изменения в течение года, а иногда достигает максимума понижения до 30%. Причем наиболее часто зоны дефицита озона или «озонные дыры» смещаются с северо-запада или запада, образуящиеся в районах Гренландии, Северной Америки или Арктики, и оказывающие свое влияние на атмосферу города Воронежа с севера или северо-востока.

Современное изменение содержания озона в стратосфере в настоящее время объясняются двумя теориями. По одной теории, антропогенной, причиной резкого изменения мощности озонового слоя является участие в фотохимических реакциях образования озона хлорфторуглеродов (фреонов), оксидов азота и тд., которые приводят к уменьшению концентрации озона [1]. По другой теории антропогенное влияние в формировании зон дефицита озона («озонных дыр») не является определяющим. Причину образования данных зон видят в динамике атмосферы (метеорологические причины), когда образуются так называемые «волны озона». В результате чего в одних районах мощность озоносферы максимальна, в других – минимальна.

На заключительном этапе исследовались условия образования «озонных дыр», синоптические и метеорологические условия в тропосфере и нижней стратосфере над районом города Воронежа.

Анализ синоптических условий, определенных по приземным картам, показывает, что наиболее часто «озонные дыры» формируются при влиянии теплого фронта (ТФ), в теплом секторе циклона (тс Zn) и в тылу антициклона или западной периферии антициклона (тыл Azn) (рис. 4).

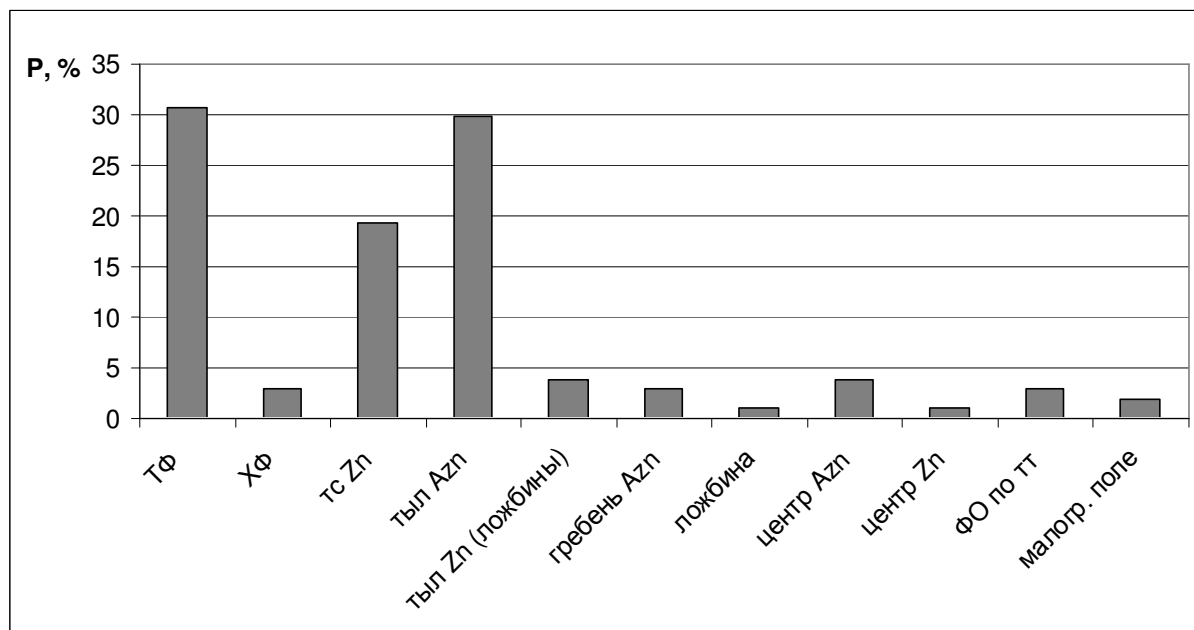


Рис. 4. Синоптические условия образования «озоновых дыр» над городом Воронеж.

Анализ термобарического поля в тропосфере показывает, что в районе «озонной дыры» на карте ОТ 500/1000 наблюдается, как правило, передняя часть или ось гребня тепла (рис. 5), на карте АТ-850, в нижней тропосфере, в 80% случаев наблюдается адвекция тепла.

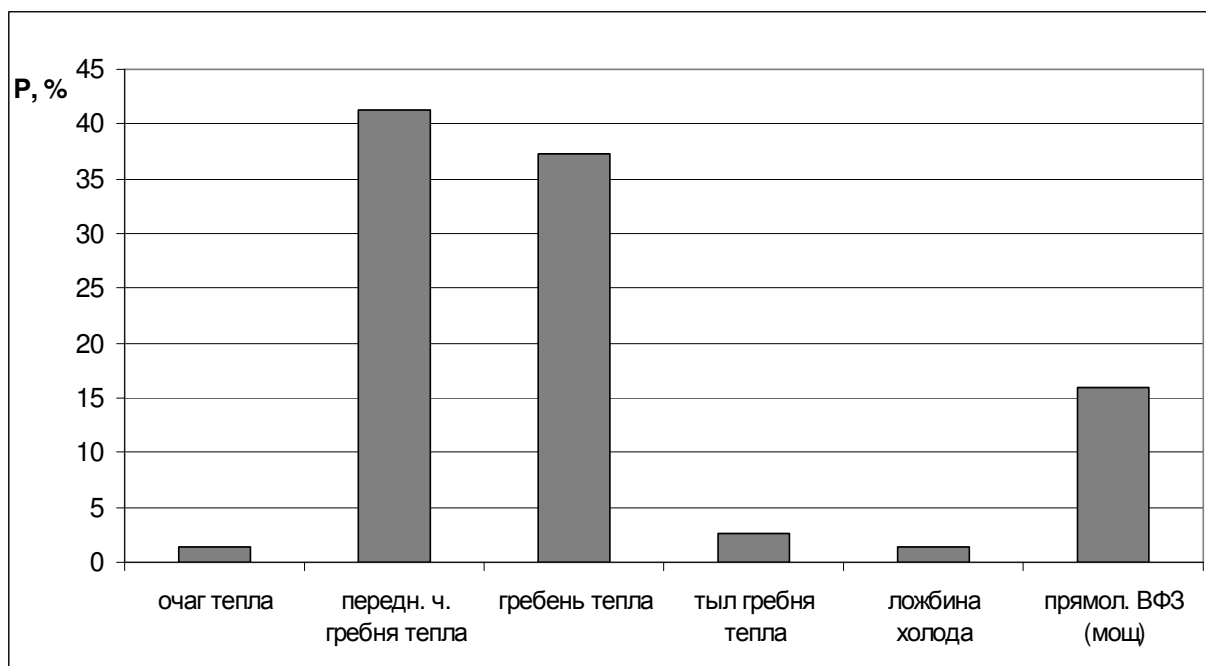


Рис. 5. Характеристика поля карты ОТ 500/1000 в районе города Воронеж при влиянии «озонных дыр».

Адвекция тепла отмечается с юга, юго-запада или северо-запада и составляет 3-6 °С. Причем в 65% случаев в районе «озонной дыры» в тропосфере имеет место гребень тепла и наблюдается адвекция тепла в нижних уровнях.

Барическое поле в нижней стратосфере над городом Воронежем в районе «озонной дыры» чаще характеризуется гребнем антициклона.

В тропосфере над городом Воронеж в районе «озонной дыры» преобладают, как правило, восходящие движения воздуха, температура воздуха на уровне 100 гПа составляет -56...-65 °С, скорость

ветра 6-20 м/с. Направление воздушного потока на уровне 100 гПа часто отмечается северо-западное или западное. Причем если имеется струйное течение, то направление его чаще северо-западное.

Анализ интенсивности «озонных дыр» проводился по значению отклонения количества озона в ней ниже нормы. Чем больше данное отклонение, тем интенсивнее «озонная дыра».

Установлено, что «озонная дыра» над городом Воронеж интенсивнее, чем больше адвекция тепла в тропосфере, особенно при значениях изменения температуры более 3°C.

Характеристика барического поля на уровне 100 гПа в районе «озонной дыры» над городом Воронеж показывает, что максимальное понижение количества озона ниже нормы отмечается при северо-западной, западной и юго-западной периферии циклона и струйном течении, причем струйное течение должно быть с северо-запада.

Чем ниже температура в нижней стратосфере в районе «озонной дыры», тем больше её интенсивность.

Перемещение воздушных масс в нижней стратосфере в районе «озонной дыры» над городом Воронеж показывает, что наибольшее понижение озона относительно нормы отмечается при северо-западном, северном направлении и наибольшей скорости потока.

Проведенный анализ метеорологических условий образования зон дефицита озона («озонных дыр») позволяет сделать вывод, что данные условия оказывают влияние на формирование данных образований в районе города Воронеж и должны учитываться для оценки состояния озонового слоя в период проведения полетов в верхних слоях тропосферы и нижней стратосфере.

FEATURES OF FORMATION OF ZONES OF DEFICIENCY OF THE TOTAL OZONE IN THE ATMOSPHERE OVER THE DISTRICT OF THE CITY OF VORONEZH

S. A. Dyakov, N.A. Zhogolev

On the basis of data of the World Meteorological Organization on an ozone layer, features of an annual course of the total ozone content (TOC) and anomalies of TOC during 2006-2011 over the district of the city of Voronezh are received. Regularities of existential distribution of zones of deficiency of ozone, "ozonic holes" over ETP, influencing an ozonosphere of the city of Voronezh are revealed. The synoptic and weather conditions favorable for formation of "ozonic holes" are investigated.

KEYWORDS: ANNUAL VARIATIONS OF TOTAL OZONE (TOC), ABNORMALITIES OF TOC, OZONIC HOLES.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Герасимова Н.В. Озонные «дыры» над территорией Европы и Российской Федерацией // Материалы Итоговой сессии Ученого совета РГГМУ. СПб.: РГГМУ, 2005. С. 39-41.
3. Select Ozone Maps. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/e/index.htm>.