

УДК 551.510.534(574)

**О ДИНАМИКЕ ОЗОНОВОГО СЛОЯ В АТМОСФЕРЕ
НАД ТЕРРИТОРИЕЙ КАЗАХСТАНА**

Канд. геогр. наук А.Т. Кенжибаев

Представлен краткий обзор достижений в области охраны озонового слоя в атмосфере. На основе данных озонметрических станций в Казахстане сообщается об изменении стратосферного озона над территорией Казахстана за период с 1973 по 1992 гг. Установлено уменьшение отклонений суммарного озона от средних годовых значений на минус 3,2 % ежегодно. Этот процесс может привести к увеличению ультрафиолетовой радиации, приходящей в нижние слои тропосферы.

Проблема разрушения озонового слоя атмосферы остается актуальной, несмотря на предпринятые на международном уровне действия по регулированию выбросов парниковых газов. Ожидаемые изменения в озоносфере Земли, как в нижней стратосфере (уменьшение общего содержания озона в атмосфере и рост ультрафиолетового облучения), так и в тропосфере (токсичное поражение человека и окружающей среды) должны быть сведены к минимуму. Защитная функция озоносферы от ультрафиолетового излучения Солнца изучена недостаточно [7,10,11].

Ультрафиолетовое излучение Солнца играет в отношении озона двоякую роль: оно способствует образованию озона и разрушает его молекулы. Эти два противоположных процесса должны уравниваться друг друга при некоторой концентрации озона.

Озон в атмосфере располагается в виде сферического слоя, внутренняя поверхность которого совпадает с поверхностью Земли, а внешняя находится на высоте примерно около 70 км. Основную систему фотохимических реакций, образующих и разрушающих

озон, предложили впервые С.Чэпмен (1930 г.) и Г.У. Дютш (1946 г.). Фотохимическое образование озона не может происходить ниже уровня 10 - 15 км. Область наиболее интенсивного фотохимического образования озона располагается в интервале высот 30 - 45 км, а в нижние слои атмосферы озон проникает вследствие турбулентной диффузии.

История развития исследований атмосферного озона представлена в работах [4,10,16]. Многостороннее и глубокое значение атмосферного озона выяснилось постепенно. Изучение озона, регулярное (систематическое) наблюдение за его поведением в атмосфере, должно стать могущественным средством исследования основных погодообразующих процессов, так как в нижней стратосфере озон приобретает важное метеорологическое значение как трассер, указывающий на атмосферную циркуляцию [5,16].

Вопросы циркуляции и происхождения озона, вследствие его термодинамических эффектов и связи с макро - и мезомасштабными синоптическими образованиями, имеют особый интерес для климата. Данные литературных источников [1,14] показывают, что крупномасштабные вихревые потоки играют важную роль в переносе озона из стратосферы в тропосферу. Озонный слой выступает в качестве защитного звена между верхними слоями, находящимися под влиянием солнечной радиации, и погодообразующими процессами в тропосфере.

Любое нарушение целостности озонового слоя, неизбежно ведущее к усилению ультрафиолетового облучения, вызывает обоснованную тревогу. Пониженное содержание озона в стратосфере приводит к повышению уровня биологически опасного ультрафиолетового излучения, достигающего поверхность земли [6,8,10]. Первой ответственной международной акцией на установленный факт разрушения озонового слоя фторхлоруглеродами является Монреальский протокол (1987 г.), за которым последовали Лондонские дополнения (1990 г.).

Исследование атмосферного озона в Республике Казахстан началось более 40 лет назад, когда сформировалась весьма деятельная алматинская школа оптики атмосферы, исходившая из идей акаде-

мика В.Г. Фесенкова и использовавшая предложенные им экспериментальные методы. В 50-е годы исследователями, занимающимися изучением атмосферного озона, был проведен цикл работ по разработке методов и приборов для измерения атмосферного озона и в изучении закономерностей вертикального распределения озона в атмосфере. Работами Ш.А.Безверхного [2,3], С.Ф.Родионова [12], А.Л.Ошеровича [13], М.Г.Каримова было показано, что содержания атмосферного озона связано с рядом метеозлементов и с аэросиноптическими условиями. Следует подчеркнуть, что эти исследования базировались на данных единичных озонметрических измерений и поэтому большой статистической ценности не представляли.

В 70-е годы начался процесс создания сети озонметрических станций в Казахстане. В настоящее время озонметрическая сеть Республики Казахстан включает пять станций по измерению общего содержания озона (ОСО), расположенных в Алматы, Атырау, Караганде, Семипалатинске и Аральском Море. Ежедневные данные по общему содержанию атмосферного озона имеются в Казгидромете за период с 1973 по 1992 гг. Под общим содержанием атмосферного озона или суммарным озоном имеется в виду количество озона в вертикальном столбе атмосферы, при нормальных условиях: атмосферное давление 1013,25 гПа и температура 288,15 К. Обозначается суммарный озон буквой Х. Для измерения применяется единица Добсона, обозначаемая е.Д. Одна единица Добсона соответствует приведенной толщине слоя озона, равной 0,01 мм. По определению А.Х. Хргиана, Х-приведенная толщина слоя озона, т.е. толщина слоя этого газа, который получился бы, если бы весь озон выделить и сжать до давления в 1 атмосферу.

Данные об общем содержании озона являются естественной характеристикой озонового слоя, пригодной для целей климатического мониторинга. До настоящего времени нет четкого представления о характере изменений ОСО над территорией Республики Казахстан. В связи с этим мы задались целью установить некоторые закономерности о характере

многолетнего изменения ОСО в атмосфере на территории региона за период с 1973 по 1992 гг. Значения суммарного озона получены по наблюдениям сетевых приборов - озонметра М-83 (до 1984 г.) и озонметра М-124 (с 1984 г.). Описание конструкции этих приборов, оценка точности измерений, полученных от различных источников света, и результаты сравнений показаний подробно изложены в ряде работ Г.П.Гущина [6,9]. Исходные данные представляют собой ежесуточные значения общего содержания озона X в единицах Добсона (е.Д.). Составившие наблюдательную основу средние месячные значения суммарного озона, полученные путем осреднения ежедневных значений, были подвергнуты статистическому анализу.

Обработка данных ОСО, выполнявшаяся различными исследователями в ряде стран, привела к выводу о годовой и сезонной вариации суммарного озона [10,15]. Основной чертой солнечной радиации, которая способствует образованию и разрушению озона, является зональность распределения (широтный ход ОСО). Поэтому многие исследователи [1,5,16] при изучении закономерностей распределения озона рассматривают значения X (е.Д.), отнесенные к середине этой или иной широтной зоны. Полученные таким образом схемы характеризуют в первом приближении географическое распределение суммарного озона, но все долготные различия при этом нивелируются. Известно что часто наблюдается сложное географическое распределение ОСО. На одной и той же широте отмечается различное содержание озона. Выводы, изложенные выше, подтверждаются результатами работ А.Х.Хргиана [15] и нашими данными (табл.1).

В таблице можно видеть годовой и сезонный ход суммарного озона на территории Республики Казахстан за период с 1973 по 1992 гг. Данные наблюдений учитывают большую протяженность территории Казахстана как по долготе (от $51,8$ до $80,3^{\circ}$ в.д.), так и по широте от $43,1$ до $56,5^{\circ}$ с.ш. Вся территория Казахстана разделена на широтные зоны $40 - 45^{\circ}$, $45 - 50^{\circ}$ и $50 - 55^{\circ}$ с.ш. Станцию Алматы следует отнести к широтному поясу - $40-45^{\circ}$ с.ш.,

Таблица 1

Годовой и широтный ход средних месячных значений общего содержания озона (е.д.), осредненных в глобальном масштабе за период с 1957 по 1988 гг., по данным [15] и за период с 1973 по 1992 гг. по пунктам на территории Республики Казахстан

Широтная зона, градус с.ш.	Месяц												Среднее за год
	ян-варь	фев-раль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	
40 - 45°	357	377	384	381	371	350	327	316	306	297	304	328	342
Алматы	363	395	386	358	356	342	322	311	307	308	312	332	341
45 - 50°	372	399	403	398	377	359	337	321	308	303	314	341	353
Аральское Море	363	385	391	370	366	345	321	314	303	306	303	327	341
Атырау	370	391	395	380	367	354	326	317	313	314	316	336	348
50 - 55°	367	395	410	409	391	369	345	331	313	306	311	332	356
Караганда	368	392	391	377	371	353	333	317	310	309	310	335	347
Семипалатинск	363	392	404	386	376	354	337	330	310	305	314	332	350

Аральское Море и Атырау - 45 - 50° с.ш. Станции Караганда и Семипалатинск находятся в одной широтной зоне - 50 - 55° с.ш.

Данные таблицы отражают широтный ход суммарного озона, а также долготные различия (на одной и той же широте) от 3 до 13 е.Д. Средние месячные значения общего содержания озона, вычисленные при имеющимся числе лет, относительно устойчивы. Средние значения обеспеченности (отношение числа дней с наблюдениями за ОСО к числу календарных дней в данном периоде) составили 86 - 99 %. Это указывает на то, что появилась возможность изучать с климатической точки зрения режим озонового слоя на территории региона.

Результаты, приведенные в табл.1, позволяют проследить сезонные колебания средних месячных значений ОСО. На станциях Атырау, Аральское Море, Семипалатинск максимальное значение суммарного озона (391 - 404 е.Д.) наблюдаются в марте. Минимум средних месячных значений отчетливо проявляется в сентябре - октябре (303 - 313 е.Д.). Разность между весенними и осенними значениями ОСО составляет 81 - 99 е.Д. Из сопоставления данных таблиц видим, что в августе - ноябре постоянно наблюдаются минимальные значения ОСО (в среднем от 303 до 317 е.Д.). Особо следует отметить отсутствие различия в средних годовых значениях суммарного озона (1 - 2 % от нормы).

Из сравнения средних месячных и годовых значений общего содержания озона над территорией Казахстана следует, что на общий фон широтной зависимости суммарного озона накладывается еще и своеобразное распределение его по долготе. Можно предположить, что картина горизонтального распределения общего содержания озона на территории региона тесно связана не только с солнечной радиацией, высотным барическим полем, но и влиянием горных систем на территории Республики Казахстан. На озонметрических станциях региона резко выделяются периоды декабрь - март, апрель - июль и август - ноябрь. Максимальные значения общего содержания озона наблюдаются с декабря по март, то есть в холодное полугодие. С апреля по июль (ве-

гетационный период) прослеживается спад суммарного озона. Появление отчетливого минимума ОСО с августа по ноябрь на территории региона следует выделить как сезон повышенного уровня ультрафиолетового излучения.

В результате обработки данных о дате появления минимальных и максимальных значений общего содержания озона за период с 1973 по 1992 гг. можно отметить, что минимальное значение ОСО внутри каждого месяца приходится на числа с 14 по 18. Максимумы ОСО внутри соответствующего месяца появляются со смещением 12 - 14 дней относительно даты наступления минимума. Эти данные иллюстрируют тот факт, что подъем или спад экстремальных значений суммарного озона имеет место внутри каждого месяца. Выполненный анализ подтверждает, что условия циркуляции и солнечное излучение обуславливают распределение ОСО над территорией Казахстана.

Обработка многолетних данных ОСО позволяет судить об аномалии средних годовых значений общего содержания озона от многолетних зональных значений за 35 - летний период в нечетные и четные годы с 1973 по 1992 гг., табл.2. [15]. Продолжительные отклонения суммарного озона от нормы обнаруживаются за период с 1973 по 1984 гг. (на ст. Алматы от 7 до 27 е.Д., ст. Атырау - от 1 - до 13 е.Д.). Временное распределение аномалий средних годовых ОСО отражают за период с 1985 по 1992 гг. в основном отрицательные отклонения от многолетних средних (- 2 ... - 30 е.Д.). Согласно данным таблицы 2 в 1986, 1988, 1990 и 1992 гг. имело место значительное отрицательное отклонение суммарного озона от нормы (- 25 ... - 30 е.Д.). Если проследить колебания средних годовых значений ОСО за нечетные и четные годы, то обнаруживается наличие на территории Республики Казахстан квазидвухлетнего колебания суммарного озона.

Изменение средних годовых значений общего содержания озона с 1973 по 1992 гг. отражает наличие пятилетних циклов над регионом. Периоды 1977-1983, 1978-1984, 1985-1991 и 1986-1992 гг. могут быть отнесены к квазидвухлетним циклам.

Таблица 2

Временное распределение аномалий (е.д.) средних годовых значений общего содержания озона от многолетних зональных значений [15] над территорией Казахстана в нечетные и четные годы

Год	Озонометрическая станция				
	Алматы	Араль- ское Море	Атырау	Кара- ганда	Семипа- латинск

1973	27	-	-	-9	-
1975	0	-2	-14	-16	-20
1977	7	-5	13	18	32
1979	9	-1	13	-35	11
1981	10	-6	-1	23	-6
1983	25	-	-7	7	-
1985	-12	-25	1	-4	15
1987	-9	-7	-15	3	5
1989	-4	-17	-6	-3	-6
1991	-4	-16	-8	-6	0
1974	0	-9	-	-15	-
1976	-7	-16	-1	-11	-
1978	7	-12	10	-10	1
1980	12	-1	3	5	4
1982	39	-7	-4	-27	-
1984	8	-	-7	18	90
1986	-2	-14	-29	-2	0
1988	-9	-19	-14	-10	-13
1990	-18	-30	-14	-21	-19
1992	-20	-25	-11	-20	-13

Данные табл.2 свидетельствуют об уменьшении суммарного озона над территорией Казахстана.

С целью оценки уменьшения ОСО над территорией региона были найдены относительные отклонения (в %) для средних годовых значений ОСО, за периоды 1977 - 1981 гг., 1984 - 1988 гг., 1973 - 1982 гг., 1983 - 1992 гг. Оценки, основанные на данных озонметрической станции за 5 - 10 летний период, показали на уменьшение суммарного озона на минус 3,2 и минус 6,6 % ежегодно от средних годовых значений ОСО. Устойчивые значения отрицательных аномалий общего содержания озона на территории региона указывают на необходимость проведения исследований с целью выявления трендов содержания озона в тропосфере и нижней стратосфере. Очевидно, что существующая длительность измерений ОСО, недостаточна для того, чтобы делать выводы о разрушении озонового слоя в атмосфере над территорией Казахстана.

К существующим проблемам по озонметрии в Казгидромете следует отнести отсутствие наблюдений за вертикальным распределением озона над регионом. Отсутствие специализированных средств наблюдений о концентрации тропосферного озона определяет недостаточную надежность имеющейся информации по ОСО. Исследования по вопросу антропогенного воздействия озоноразрушающих газов на озоновый слой окажутся достоверными, если будут реализованы и согласованы наземные, озонзондовые и ракетные наблюдения на территории Республики Казахстан.

Полученные сведения об изменении стратосферного озона в атмосфере за период с 1973 по 1992 гг. необходимы в первую очередь для разработки Проекта мониторинга озонового слоя для территории Республики Казахстан. В настоящее время по линии Всемирной метеорологической организации развивается глобальная служба по атмосферному озону (ГСА). Сеть озоновых станций в регионе и их программы должны быть скоординированы с планами по осуществлению озоновой сети ГСА. Существует постоянная необходимость рассмотрения региональной деятельности по мониторингу и научным исследова-

ниям озона с целью улучшения системы наблюдения за озоном.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров Э.Л., Кароль И.Л. Атмосферный озон и изменения глобального климата. - Л.: Гидрометеиздат, 1982. - 168 с.
2. Безверхний Ш.А. Озонометрические данные по Алма-Ате в сопоставлении с некоторыми метеорологическими факторами // Тр. КазНИГМИ.-1955.-Вып. 5.- С. 11-18.
3. Безверхний Ш.А. Затменный эффект в слое озона // Тр. КазНИГМИ.-1959.-Вып.11. - С.162-175.
4. Гущин Г.П. Исследование атмосферного озона.-Л.: Гидрометеиздат, 1963.-267 с.
5. Гущин Г.П. Озон и аэросиноптические условия в атмосфере.- Л.:Гидрометеиздат, 1964.-431 с.
6. Гущин Г.П., Виноградова Н.Н. Суммарный озон в атмосфере.-Л.: Гидрометеиздат, 1983.-238 с.
7. Кароль И.Л., Розанов В.В., Тимофеев Ю.М. Газовые примеси в атмосфере.-Л.: Гидрометеиздат, 1983.-192 с.
8. Кондратьев К.Я. Современное состояние исследований антропогенных воздействий на атмосферный озон // Изв. АН СССР. Сер. физика атмосферы и океана. - 1983. - Т. 19, N 12. - С. 1235 - 1251.
9. Методические указания по производству и обработке наблюдений за общим содержанием атмосферного озона / Г.П.Гущин. - Л.: Гидрометеиздат, 1981. - 45 с.
10. Озонный щит Земли и его изменения / Александров Э.Л., Израэль Ю.А., Кароль И.Л., Хргиан А.Х. - Спб.: Гидрометеиздат, 1992. -288 с.
11. Спектральные коротковолновые потоки суммарной радиации в атмосфере в связи с синоптическими условиями/ Кенжибаев А.Т., Васильев С.Б., Гришечкин В.С. и др. // Вестник АН КазССР.-1973.- N 10.-С. 48-57.
12. Родионов С.Ф. Прозрачность атмосферы в ультрафиолетовой области спектра // Изв. АН

- СССР. Сер. географ. и геофизич. - 1950. - Т. 14. - Вып. 4. - С. 334 - 338.
13. Родионов С.Ф., Ошерович А.Л., Рдултовская Е.В. О простом приборе для озонметрических исследований // ДАН СССР. - 1949. - Т. 66, N 3. - С. 381 - 383.
14. Фотохимические процессы земной атмосферы. - М.: Наука, 1990. - 252 с.
15. Хргиан А.Х. О процессах длительных и кратковременных изменений озона в некоторых областях Северного полушария // Метеорология и гидрология. - 1992. - N 7. - С. 5 - 16.
16. Хргиан А.Х., Кузнецов Г.И. Проблемы наблюдений и исследований атмосферного озона. - М.: МГУ, 1981. - 216 с.

Казахский научно - исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата

ҚАЗАҚСТАН ЖЕРІ ҮСТІНДЕГІ АТМОСФЕРАДАҒЫ ОЗОН ҚАБАТЫНЫҢ ӨЗГЕРУІ ТУРАЛЫ

Геор. ф. канд. А.Т. Кенжебаев

Атмосферасындағы озон қабатын қорғау мәселесі жетістіктеріне қысқаша шолу жүргізілген. Озонотриалық стансалардың мәліметтері бойынша Қазақстан аймағында 1973-1992 ж. аралығында стратосфералық озонның өзгерістері хабарланған. Жылы сайын озонның жиынтық мөлшері орташа жылдық мәнінен минус 3,2 % азаюы айқындалған. Осы процесс тропосфераның төменгі қабатына келетін ультрафиолетті радиацияның көбеюіне әкеліп соғуы мүмкін.