

УДК 551.510.534 (574)

## ПРОБЛЕМЫ МОНИТОРИНГА И ОХРАНЫ ОЗОНОВОГО СЛОЯ В КАЗАХСТАНЕ

Канд. геогр. наук И.Б. Есеркепова  
Канд. геогр. наук А.Т. Кенжебаев  
Е.Ю. Степанова  
А.В. Чередниченко

*Рассматриваются проблемы озонотрии и исследований атмосферного озона в Казахстане. Дается оценка состояния стратосферного озона над территорией республики по данным наземных наблюдений. В области защиты озонового слоя первостепенное значение придается присоединению Казахстана к международным соглашениям по регулированию потребления озоноразрушающих веществ и переходу на озонобезопасные технологии.*

Интерес общественности к исследованиям атмосферного озона, имеющим давнюю историю, в последние годы значительно возрос. Это связано, прежде всего, с открытием озонной "дыры" над Антарктикой и наблюдающимся устойчивым истощением слоя стратосферного озона во всех внетропических широтах земного шара, что приводит к увеличению вредного для всего живого приходящего к земной поверхности жесткого ультрафиолетового излучения Солнца. Глобальный характер разрушения "озонного щита" Земли стал предметом международных соглашений по ограничению антропогенных выбросов озоноразрушающих веществ, считающихся основной причиной современных изменений состояния озонового слоя.

В 1985 г. была принята Венская Конвенция об охране озонового слоя, вступившая в силу 22 сентября 1988 года, согласно которой Стороны - участвующие страны, подписавшие ее, принимают на себя обязательства обеспечивать охрану здоровья людей и окружающей среды от последствий разрушения озонового слоя, принимать участие в научных исследованиях, наблюдениях и обмениваться информацией. Для этого Стороны должны сотрудничать в изучении воздействия антропогенной деятельности, изменяющей или способной изменить состояние озонового слоя, на человека и окружающую среду, разрабатывать меры и предпринимать согласованные действия по контролю за деятельностью, влияющей на озоновый слой, и выполнению положений Конвенции и протоколов к ней, которые имеют для них обязательную силу. Продолжавшиеся еще в течение двух лет переговоры по

проблеме охраны озонового слоя завершились принятием в сентябре 1987 г. Монреальского Протокола по веществам, разрушающим озоновый слой, вступившего в силу 1 января 1989 года. Он определил меры регулирования производства и потребления наиболее вредных озоноразрушающих веществ (ОРВ), а также расписание их поэтапной ликвидации. На Втором Совещании сторон Монреальского Протокола в Лондоне 27-29 июня 1990 г. была принята поправка, ужесточающая меры регулирования, требующая прекращения производства и потребления к 2000 г. пяти хлорфторуглеродов (ХФУ) и трех галонов, указанных в приложении А к Протоколу. Копенгагенская поправка, принятая на Четвертом совещании Сторон Монреальского Протокола в 1992 г., потребовала прекращения производства и потребления галонов к концу 1993 года, а ХФУ - к концу 1995 г.

До принятия ограничений ОРВ широко использовались в качестве хладагентов, растворителей, аэрозольных пропеллентов, вспенивателей и т.д. Учитывая международный характер проблемы озона в атмосфере, Казахстан должен внести свой вклад в ее решение. Исторически в республике сложилась такая ситуация, что после распада бывшего СССР Казахстан оказался в стороне от этих международных соглашений и в данный момент не является Стороной Венской Конвенции, Монреальского Протокола и поправок к нему.

Согласно поручению Кабинета Министров Республики Казахстан в 1993 г. Казгидромет является головной организацией, на которую возложены обязанности по ведению всех вопросов, связанных с Венской Конвенцией и Монреальским Протоколом. Экспертный Совет Министерства Иностранных Дел принял решение о присоединении, и в данный момент все необходимые документы находятся в Министерстве Финансов Республики Казахстан. Основным препятствием является необходимость уплаты ежегодных взносов в два трастовых фонда Венской Конвенции и Монреальского Протокола, которые составляют около 7 тыс. долларов США в 1997 г. Пока правительство изыскивает средства, предприятия республики Казахстан могут потерпеть убытки, значительно превышающие эту небольшую в масштабах государства сумму.

Поскольку в Казахстане не производятся ОРВ, задержка с присоединением к Монреальскому Протоколу привела к остановке работы ряда предприятий и необходимости покупки нового холодильного оборудования, стоимость которого в несколько раз превышает затраты на поддержание в рабочем состоянии уже имеющегося. С 1 января 1996 г. Россия, традиционно поставлявшая ХФУ в Казахстан, выполняя требования Монреальского Протокола, ввела запрет на торговлю ОРВ со странами, не являющимися Сторонами Монреальского Протокола. Поэтому необходимо ускорить процесс присоединения республики к этим международным правовым документам. Это даст Казахстану возможности получить доступ к ОРВ для постепенного отка-

за от их использования и перехода на озонобезопасные вещества, т.к. низкий уровень потребления ОРВ в стране не превышает пределов, установленных для развивающихся стран. Статус Стороны Венской Конвенции и Монреальского Протокола позволит Казахстану получить средства из международных финансовых организаций на разработку и реализацию государственной программы, включающей систематические наблюдения за состоянием озонового слоя, проведение исследований, сбор данных об уровне потребления ОРВ и поэтапный переход на озонобезопасные технологии. Эта помощь предоставляется странам с переходной экономикой. Глобальным экологическим фондом (ГЭФ).

Обязательства Сторон по Венской Конвенции предусматривают организацию исследований и проведение научных оценок по различным вопросам изменения состояния озонового слоя и его влияния на климат [11]. Оценки должны быть основаны на данных систематических наблюдений за содержанием в атмосфере озона и других парниковых газов, имеющих озоноразрушающий эффект. По мере накопления информации эти оценки должны уточняться и обновляться.

Выполнение обязательств по Венской Конвенции и Монреальскому Протоколу координирует Программа ООН по Окружающей Среде. Проведение наблюдений и сбор данных по содержанию озона в атмосфере находятся в ведении ВМО. Всемирные данные по озону собираются в Канаде (Онтарио) и издаются в виде бюллетеня. По другим газам, в частности ХФУ, данные собираются и обобщаются Японским метеорологическим агентством в сотрудничестве с Глобальной Службой Наблюдений за Атмосферой (ГСНА) ВМО. Согласно [10] рост концентрации ХФУ в атмосфере в последние годы замедлился, что связывается с вступлением в силу требований Монреальского Протокола. В то же время ожидаемый к началу XXI столетия максимум содержания хлора в атмосфере может привести к еще более серьезному истощению озонового слоя в следующем десятилетии.

В Казахстане нет ни одной действующей станции мониторинга хлорфторуглеродов. В мировую сеть ГСНА входят только пять станций озонметрической сети бывшего Советского Союза, измеряющие общее содержание озона в вертикальном столбе атмосферы. Вот почему важно сохранить эту сеть, поддерживать и повышать качество озонметрических наблюдений.

Когда в 1951 г. на базе Алматинской геофизической и гидрологической обсерватории был организован Казахский научно-исследовательский гидрометеорологический институт, начались работы по изучению атмосферного озона. В 50-е годы в работах А.Л. Ошеровича, Ш.А. Безверхнего и С.Ф. Родионова показано, что содержание озона в атмосфере связано с аэросиноптическими условиями. Эти исследования проводились на основе данных единичных

измерений и поэтому большой климатологической ценности не представляли.

Регулярные озонметрические наблюдения на территории Казахстана начались в 1973 г. Озонметрическая сеть Казахстана включает пять станций по измерению общего содержания атмосферного озона: Атырау, Караганда, Семипалатинск, Алматы и Аральское Море. Под общим содержанием атмосферного озона (ОСО) или суммарным озоном имеется в виду количество озона в вертикальном столбе атмосферы, при нормальных условиях: атмосферном давлении 1013,25 гПа и температуре воздуха 288,15 К. ОСО измеряется в единицах Добсона (е.Д.) и обозначается символом Х. Одна единица Добсона соответствует приведенной толщине слоя озона, равной 0,01 мм. По определению А.Х. Хргиана, Х - толщина слоя озона, который получился бы, если бы весь этот газ выделить и сжать до давления в 1 атмосферу.

В настоящее время в Казахстане, как и на всех действующих станциях СНГ, для измерения суммарного озона используется озонометр с оптическим фильтром М-124. В организационном и финансовом отношении в настоящее время поверка озонометров в Казгидромете невозможна. Постоянный методический контроль за производством наблюдений, анализ данных и поверку озонометров по-прежнему осуществляет ГГО. Привязка и поверка озонометров к эталонному спектрофотометру Добсона должна осуществляться каждые два года в России (ГГО, Воейково). Последняя поверка проводилась в 1994 г., поэтому сейчас крайне необходимо изыскать средства для очередной поверки.

Осредненные за день данные наблюдений на станциях ежедневно телеграммой отправляются в Центральную аэрологическую обсерваторию (ЦАО) и ежемесячно в ГГО. В ЦАО они используются для составления карт распределения ОСО над территорией России, других стран СНГ и Латвии и издания бюллетеня о состоянии озонового слоя. ГГО осуществляет критический анализ поступающей информации и после проверки отправляет сводные данные в Мировой Центр данных об озоне в Канаду.

Производство регулярных измерений очень важно для выявления устойчивых тенденций в наблюдаемых изменениях поля озона и исследования причин уменьшения толщины слоя озона. Однако пяти станций, измеряющих только ОСО, в Казахстане явно недостаточно для получения полного представления о пространственном распределении ОСО и мониторинга его вековых изменений.

В последние годы было опубликовано большое количество научных статей и обобщающих монографий, излагающих результаты исследований атмосферного озона, в основном, зарубежных и российских ученых [1, 3, 4, 5, 7 и др.]. Каждые четыре года проводится Международный симпозиум по озону, в трудах которого публикуются

самые последние результаты научных исследований. Последний такой симпозиум проходил в сентябре 1996 г. в Италии.

В 1993 году по решению коллегии Главного управления по гидрометеорологии Республики Казахстан были начаты исследования состояния озонового слоя в атмосфере над территорией региона и его связи с атмосферно-физическими факторами. Работа выполнялась в КазНИИМОСК. В процессе выполнения темы НИР был сформирован архив данных наблюдений за ОСО и исследована динамика озонового слоя в атмосфере над Казахстаном. Частично результаты работы опубликованы в статье [6].

Приведем некоторые результаты этого исследования, не вошедшие в [6]. Впервые на многолетнем материале были выявлены особенности горизонтального распределения суммарного озона над регионом и установлены значения ОСО, наблюдающиеся в различных воздушных массах. Низкие значения общего содержания озона ( $< 296$  е.Д.) относятся к тропической воздушной массе. Высокие средние дневные значения ОСО ( $> 325$  е.Д.) соответствуют воздушным массам арктического происхождения. Промежуточные значения суммарного озона (от 296 до 325 е.Д.) характерны для воздушных масс умеренных широт.

Кривая годового хода суммарного озона в воздушной массе арктического происхождения наиболее ярко выражена и имеет годовую амплитуду 81-99 е.Д. Подтверждено, что с августа по ноябрь отмечается минимум ОСО и соответствующее ему сезонное увеличение потока ультрафиолетового излучения как следствие уменьшения значений ОСО от 325 до 255 е.Д. Впервые установлено, что наиболее подвержена образованию "мини-дыры" (значительным отрицательным аномалиям поля ОСО) территория республики южнее  $47,1^\circ$  с.ш. и западнее  $67,0^\circ$  в.д.

Для исследования также использовались данные измерений ОСО по спектрофотометру, установленному на горной экспериментальной станции Алматинского государственного университета (АГУ) им. Абая, расположенной на Каменском плато вблизи г. Алматы [2]. В таблице 1 сравниваются данные по суммарному озону, полученные для 101 случая синхронных измерений, в которых использовались фильтровый озонметр М-124 Г.П. Гущина (Россия) [3] и спектрофотометр АГУ, сконструированный на основе двойного кварцевого монохроматора ДМР-4 [2].

Данные озонметра М-124 получены на озонметрической станции Алматы ОГМС, высота которой над уровнем моря составляет 847 м. Спектрофотометр АГУ установлен вблизи метеорологической площадки Алматы - АГРО на высоте 1317 м над уровнем моря.

Таблица 1

Сопоставление данных синхронных измерений суммарного озона по озонметру М-124 и спектрофотометру АГУ в районе г. Алматы

Сравнительная характеристика суммарного озона	Среднее	Вариация
Максимум суммарного озона по озонметру М-124, X, е.Д.	308,000	274 - 395
Максимум суммарного озона по спектрофотометру АГУ им.Абая, X <sub>c</sub> , е.Д.	294,000	263 - 404
Минимум, X, е.Д.	290,000	265 - 355
Минимум, X <sub>c</sub> , е.Д.	288,000	260 - 390
Разность средних значений, X-X <sub>c</sub> , е.Д.	18,000	0,1 - 43,0
Сопоставление максимумов, X/X <sub>c</sub>	1,048	0,960 - 1,159
Сопоставление минимумов, X/X <sub>c</sub>	1,006	0,767 - 1,141

Для сравнения значений суммарного озона были вычислены необходимые статистические характеристики. Коэффициент корреляции между данными обоих приборов составил 0,74. Данные таблицы 1 указывают на то, что значения ОСО находятся в пределах от 260 до 404 е.Д. Размах значений ОСО по спектрофотометру больше, чем по озонметру. Относительные отклонения суммарного озона (X/X<sub>c</sub>) колебались в пределах от 0,767 до 1,159. Разности средних дневных значений ОСО оказались в пределах от 0,1 до 43,0 е.Д. Результаты измерений по озонметру в среднем были выше на 18 е.Д. Это расхождение отчасти можно объяснить различием окружающих условий, перепадом высот и влиянием города на показания озонметра.

Следует заметить, что осредненные данные измерений ОСО по спектрофотометру устойчиво ниже значений, полученных по озонметру М-124 в теплое полугодие. В зимние месяцы чаще наблюдается обратная картина. Однако более точное сравнение двух приборов можно провести, если установить их в непосредственной близости и производить параллельные измерения.

Озонметры М-124 ведут наблюдения по зениту ясного и облачного неба, а также по прямому солнечному свету. Система зенитных измерений позволяет проводить почти непрерывные наблюдения, исключая дни с выпадением осадков [9]. Наблюдения по спектрофотометру проводятся только по ясному Солнцу и поэтому в пасмурную погоду ОСО не измеряется. Таких дней в году бывает доволь-

но много, особенно в холодное полугодие. Поэтому измерения по спектрофотометру не могут обеспечить требуемой полноты данных, хотя и обладают более низкой погрешностью (2 - 3 %) по сравнению с погрешностью озонметра М-124 (до 6 - 8 %).

К числу недостатков наблюдений по озонметру М-124 следует также отнести то обстоятельство, что калибровка (поверка) этого прибора производится в оптических условиях атмосферы Воейково, а не в Казахстане. Это может служить дополнительным источником искажений, которые, однако, трудно оценить.

Очевидно, что дальнейшее повышение точности измерений суммарного озона должно быть достигнуто заменой озонметра М-124 на технически более совершенный автоматизированный спектрофотометр Брюера (Канада), который установлен во многих странах мира, и проведением проверок в условиях Казахстана.

Различие в данных измерений приборов, установленных в отличающихся оптических условиях, (см. табл.1) указывает на вклад аэрозоля, то есть связано со значительным селективным аэрозольным помутнением атмосферы по вертикали в районе промышленного г.Алматы. Аэрозольная компонента атмосферы сложна и обладает чрезвычайно изменчивой пространственно-временной структурой [8]. При измерении спектрофотометром показатель аэрозольного ослабления атмосферы в двух участках спектра зависит от степени оптической неоднородности атмосферы. Однако процессы взаимосвязи атмосферного озона, аэрозоля и водяного пара слабо изучены.

Таблица 2

Межширотный градиент общего содержания озона в предгорной и горной зоне на юго-востоке Казахстана (е.Д./° с.ш.)

Озонотрическая станция	Среднее	Размах значений	Число случаев
Алматы-Караганда	1,86	-14,9 - +18,3	233
Алматы-Семипалатинск	0,57	-16,1 - +9,4	172

По данным таблицы 2 можно видеть, что колебания суммарного озона над пунктом могут быть вызваны горизонтальным перемещением воздушных масс в верхней тропосфере и нижней стратосфере. В восточной части Казахстана прослеживается межширотный обмен. Особенности местной циркуляции в тропосфере определяют широтное распределение общего содержания озона. Средний межширотный градиент Алматы-Караганда в три раза больше средней величины градиента Алматы-Семипалатинск. Это означает, что в нижней стратосфере над этой территорией сказывается влияние гор, расположенных на юго-востоке Казахстана. Вблизи 50° с.ш. нару-

шается зональное распределение суммарного озона. Межширотный градиент ОСО меняет знак от минус 14,9 до 18,3 е.Д./° с.ш. Широтная зона вблизи 50° с.ш. на юго-востоке Казахстана отделяет северные области региона с относительно высоким содержанием озона от южных областей с низкими значениями ОСО. Одной из причин перераспределения ОСО вблизи 50° с.ш. является макромасштабное горизонтальное турбулентное перемешивание воздушных масс различного происхождения на высотах до 20 км. Большие вариации межширотного градиента, вероятно, связаны со средним географическим положением планетарной высотной фронтальной зоны.

Исследования обмена воздухом между тропосферой и нижней стратосферой, а также процессов глобального переноса озона в тропосфере над территорией Казахстана можно провести только на основе данных о вертикальной концентрации озона. В 1998 г. Казгидромет собирается принять участие в международном научно-исследовательском проекте по изучению вертикального распределения озона. Эксперимент планируется провести с помощью запусков озонозондов, прикрепляемых к аэрологическим зондам, на базе оборудования аэрологической станции финской фирмы "Вайсала".

В заключение следует сказать, что деятельность Казгидромета по проблеме озонового слоя должна быть направлена на сохранение существующей озонометрической сети, которая входит в глобальную службу наблюдений за атмосферой при ВМО; наращивание усилий в проведении проверок и сравнений озонометрических приборов в Казахстане; изучение вопросов вертикального распределения концентрации озона в приземном слое атмосферы, верхней тропосфере и нижней стратосфере; вопросы согласования точности измерения наземных озонометрических станций со спутниковыми данными по территории Казахстана; продолжение научных исследований стратосферного озона для слежения за трендами ОСО, а также с целью расширения и улучшения системы мониторинга озона в атмосфере.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров Э.Л., Кароль И.Л. Атмосферный озон и изменения глобального климата. - Л.: Гидрометеиздат, 1982. - 168 с.
2. Бектурганов Б.К., Иманов А.И., Коровченко В.Н. Спектрофотометр и озонометр на базе кварцевого монохроматора ДМР-4 // Вопросы физики атмосферы и оптики. -Алма-Ата: Изд-во КазПИ, 1982. - С.12-18.
3. Гушин Г.П., Виноградова Н.Н. Суммарный озон в атмосфере. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. - 238 с.



4. Израэль Ю.А. О влиянии атмосферных ядерных взрывов на содержание озона в атмосфере // Метеорология и гидрология. - 1983. - № 10. - С. 5-10.
5. Кароль И.Л., Розанов Е.В., Тимофеев Ю.М. Газовые примеси в атмосфере. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. - 192 с.
6. Кенжибаев А.Т. О динамике озонового слоя в атмосфере над территорией Казахстана // Гидрометеорология и экология. - 1996. - №3. - С. 54-64.
7. Озонный щит Земли и его изменения / Э.Л. Александров, Ю.А. Израэль, И.Л. Кароль, А.Х. Хргиан - СПб.: Гидрометеоздат, 1992. - 288 с.
8. Перов С.П., Хргиан А.Х. Современные проблемы атмосферного озона. -Л.: Гидрометеоздат, 1980. - 186 с.
9. Шаламянский А.М. Озонметрическая сеть СНГ // Метеорология и гидрология. - 1993. - № 9. - С. 100-104.
10. GAW Data. Volume IV - Greenhouse Gases and Other Atmospheric Gases // Data summary. WDCGG №8. - The Japan Meteorological Agency. - October, 1995. - 94 p.
11. Handbook for the International Treaties for the Protection of the Ozone Layer // Fourth Edition. - Nairobi, Kenya. - 1996. - 305 p.

Казахский научно-исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

## ҚАЗАҚСТАНДА ОЗОН ҚАБАТЫНЫҢ МОНИТОРИНГІСІ ЖӘНЕ ҚОРҒАУ МӘСЕЛЕЛЕРІ

Геогр. ф. канд И.Б. Есеркепова

Геогр. ф. канд А.Т. Кенжебаев

Е.Ю. Степанова

А.В. Чередниченко

Қазақстанда атмосфералық озонды зерттеу мен озонды өлшеу мәселері қарастырылды. Жер бетіндегі бақылаудың деректері бойынша Қазақстан аймағындағы стратосфералық озон жағдайы бағасы берілген. Озон қабатын қорғау жөнінде Қазақстанның озонды қауіпсіздендіру технологиясына көшуі және озонды бүлдіретін заттарды қолдануды реттеудегі халықаралық келісімге қосылуына жоғары мән беріледі.