

5 МОНИТОРИНГ ОЗОНОВОГО СЛОЯ

Введение

Мониторинг озонового слоя представляет собой систему наблюдений за состоянием озонового слоя, а также оценку и прогнозирование его изменений в целях своевременного выявления негативных воздействий природных и антропогенных факторов [26].

Основными задачами мониторинга озонового слоя являются:

– получение данных о состоянии озоносферы над конкретными пунктами на территории Республики Беларусь, которые будут использованы для валидации орбитальных наблюдений, для оценки общего экологического состояния отдельных регионов, а также как параметры климатических и др. моделей;

– исследование механизмов стратосферно-тропосферных связей, в частности, влияния стратосферных процессов на динамику тропосферы и формирование регионального климата;

– исследование механизмов образования приземных концентраций O_3 , и разработка методики их краткосрочного и среднесрочного прогноза.

Наблюдения за состоянием озоносферы и уровнем приземного Солнечного излучения на территории Республики Беларусь проводятся:

– базовый мониторинг проводится на Минской озонометрической станции (№354) НИИЦ МО БГУ ($53.83^{\circ}N$, $27.47^{\circ}E$);

– мониторинг ОСО и значений УФ-индекса проводится в Учебно-научном центре «Нарочанская биологическая станция» имени Г.Г. Винберга ($53.89^{\circ}N$, $27.55^{\circ}E$);

– в Гомельском государственном университете имени Франциска Скорины ($52.44^{\circ}N$, $31.00^{\circ}E$).

Мониторинг общего содержания озона в столбе атмосферы проводится с помощью приборов, разработанных в НИИЦ МО БГУ (спектрорадиометра ПИОН-УФ-П, двухканальных фильтровых радиометров ПИОН-Ф).

В соответствии с планом по заданиям НСМОС в численном выражении за год регистрируется: 320 среднедневных значений ОСО, 60 вертикальных профилей распределения концентрации озона в столбе атмосферы.

Мониторинг приземных концентраций озона в НИИЦ МО БГУ в 2018 г. осуществлялся с помощью прибора ТЕИ-1.

Состояние озонового слоя Земли привлекает к себе внимание с конца 1970-х годов, когда было обнаружено ежегодное истощение озонового слоя над Антарктидой, а несколько позже и снижение содержания озона в земной атмосфере в глобальных масштабах. Были установлены причины истощения озонового слоя и предприняты меры по его защите (Конвенция об охране озонового слоя, 1985 г.). В настоящее время состояние озонового слоя и его роль в глобальной климатической системе являются объектами интенсивных исследований: общее содержание озона и динамика озоносферы рассматриваются как важнейшие региональные климатические параметры.

Последние научные оценки, понимания изменений содержания озона в стратосфере и воздействие этих изменений на климат каждые 4 года анализируются и публикуются Всемирной Метеорологической Организацией (ВМО).

Оценка состояния озоносферы в 2018 г.

При анализе состояния озоносферы над территорией Республики Беларусь использованы результаты собственных наземных наблюдений, а также данные орбитальной системы ОМІ.

В течение 2018 г. содержание озона над Республикой Беларусь (рисунок 5.1) было близко к климатической норме, за исключением поздней зимы и ранней весны (февраль-март).

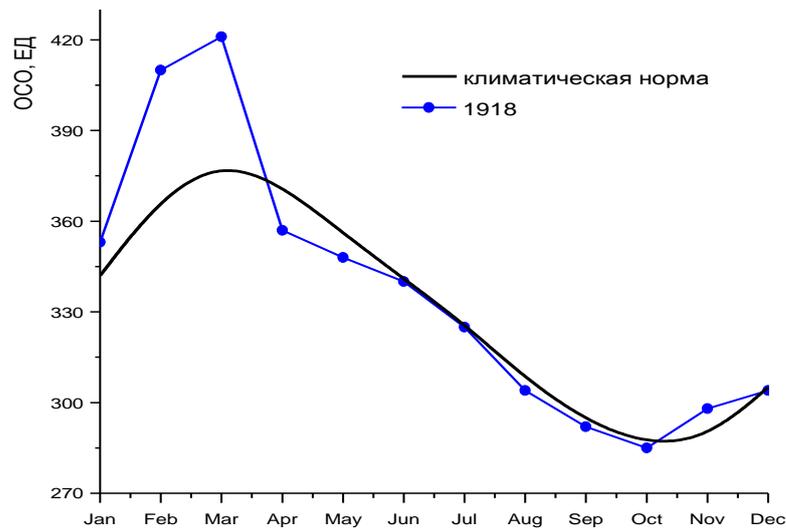


Рисунок 5.1 – Среднемесячные значения СО в 2018 г. и климатическая норма для г. Минска

В указанный период среднемесячные значения СО на 11,7-11,9 % превышали норму. Большие значения СО в феврале были связаны с формированием в конце месяца обширной области с более чем 40 % избытком СО над северной частью Евразийского континента, которая просуществовала до середины марта (рисунок 5.2).

Total ozone (DU) / Ozone total (UD), 2018/02/25

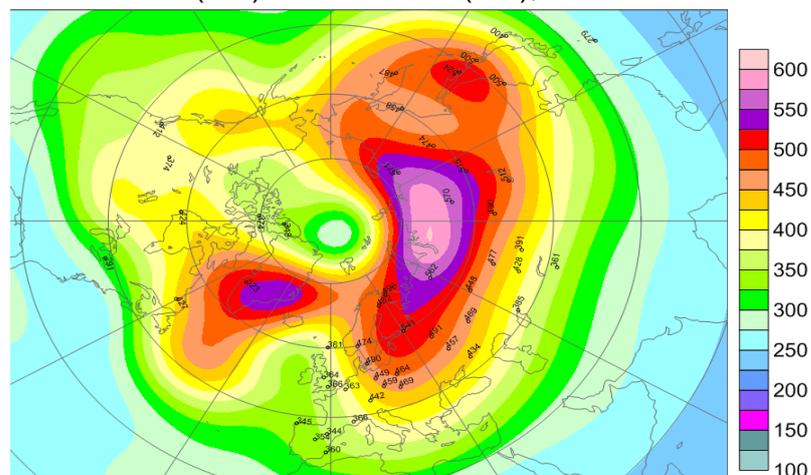


Рисунок 5.2 – Общее распределение озона в северном полушарии 25.02.2018.

Примечание: * - рядом приведена цветовая шкала в ЕД (единицы Добсона)

В этот период наблюдалось и максимальное за год значение СО — 528 ЕД (рисунок 5.3), что на 36 % превысило климатическую норму для этого дня. Это самое высокое значение СО для г. Минска за все время наблюдений. Значение общего содержания озона > 500 ЕД достаточно редкое явление в средних широтах.

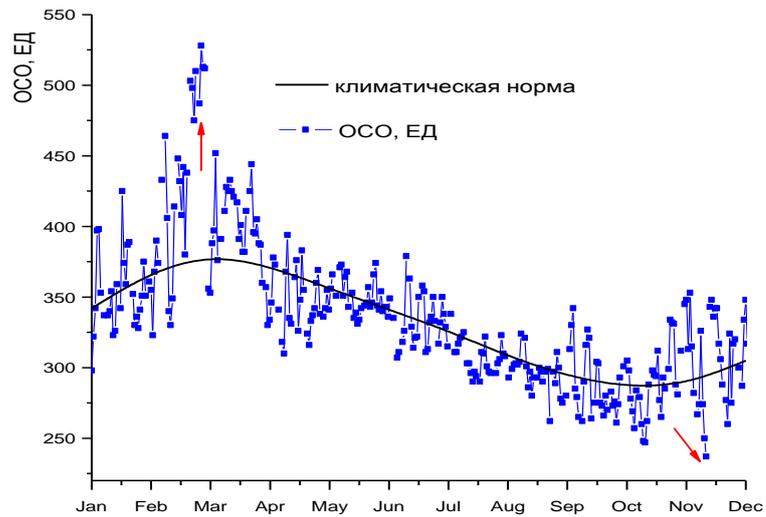


Рисунок 5.3 – Ежедневные значения ОСО в 2018 г для г. Минска, стрелками указаны максимальное и минимальное за год значения

Минимальное значение ОСО в 2018 г. отмечено 7-8 декабря (рисунок 5.3) и связано было с проникновением в средние широты озоновой аномалии. Дефицит ОСО в эти дни составил 20-21% (рисунок 5.4).

Total ozone (DU) / Ozone total (UD), 2018/12/07

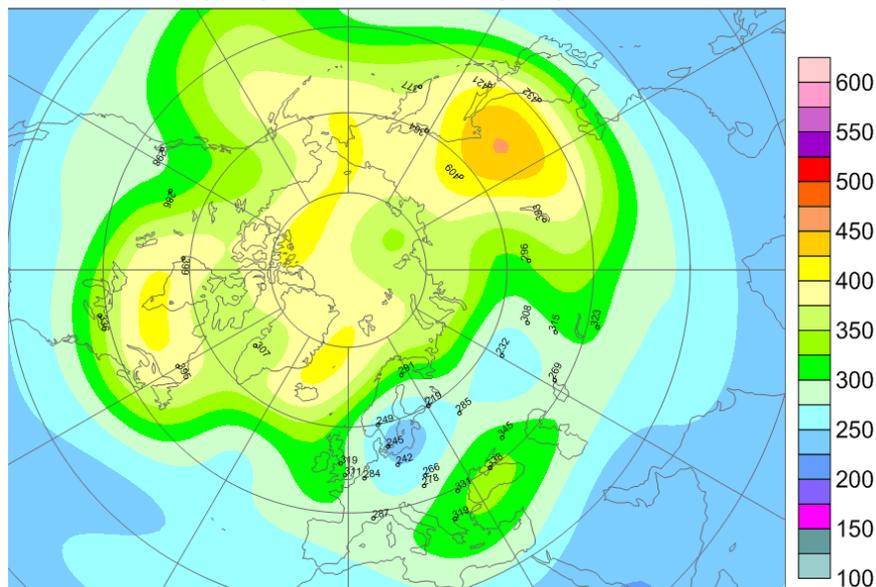


Рисунок 5.4. Распределение ОСО 07.12.2018 в Северном полушарии, когда дефицит ОСО над Минском составил 21 %

Важной особенностью, характеризующей глобальное состояние озоносферы, является то, что площадь Антарктической озоновой аномалии в 2018 г. к концу сентября составила 34 миллиона квадратных километров. Это значение превышает среднее, зарегистрированное за последние 10 лет наблюдений.

Отмечено, что в 2018 г. полярные стратосферные облака начали формироваться в середине мая, и максимальная площадь области облаков была несколько больше десятилетних многолетних средних и близка к максимуму последнего десятилетия – около 27 миллионов кв. км. Значения ОСО ниже 220 DU были достигнуты поздним августом, позже, чем в предыдущие годы. Минимальное значение ОСО составило 102 ЕД

11-12 октября (рисунок 5.5). Отмечается также, что восстановление озоносферы над Антарктикой началось раньше, чем в предыдущие годы.

Total ozone (DU) / Ozone total (UD), 2018/10/11

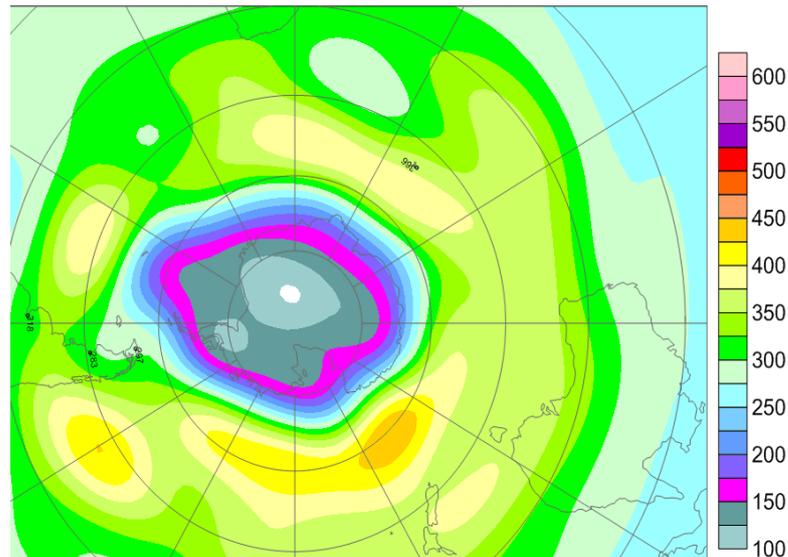


Рисунок 5.5 – Распределение полей озона над Антарктидой 11.10.2018

Результаты наблюдений за приземными концентрациями озона

Молекулы озона O_3 по своим химическим свойствам является сильным окислителем и оказывает вредное воздействие на биологические объекты и экосистемы. Кроме того, озон является парниковым газом.

Вследствие этого, мониторинг приземных концентраций O_3 является важной частью экологического мониторинга. Его результаты позволяют оценивать экологическое состояние региона и выработать меры по предотвращению вредных последствий его влияния на здоровье людей и животных, а также продуктивность лесного хозяйства и с/х культур.

В 2018 г. по результатам наблюдений на озонометрической станции ННИЦ МО БГУ концентрации приземного озона заметно отличались от данных предыдущего года (рисунок 5.6). В частности, более ярко проявились весенний и летний максимумы концентрации озона, и более выраженным было снижение концентрации в конце года.

Наметившаяся ранее [27] тенденция к снижению наблюдаемых концентраций нарушилась, и для выяснения причин такого поведения приземного озона желательно провести дополнительные исследования. Основными причинами изменения годового и суточного хода концентрации приземного озона являются антропогенное загрязнение воздуха и изменение климата. Загрязнение воздуха оказывает существенное влияние на концентрацию приземного озона. В некоторых случаях, отмеченных в [28-31], оно способствует генерации озона, в других, его разрушению. В условиях Беларуси, как правило, реализуется последний случай: антропогенное загрязнение воздуха в городах приводит к уменьшению концентрации приземного озона по сравнению с чистыми сельскими районами. Этому способствуют относительно низкие температуры и высокая влажность воздуха, а также соотношение концентраций различных типов загрязнений – прекурсоров озона.

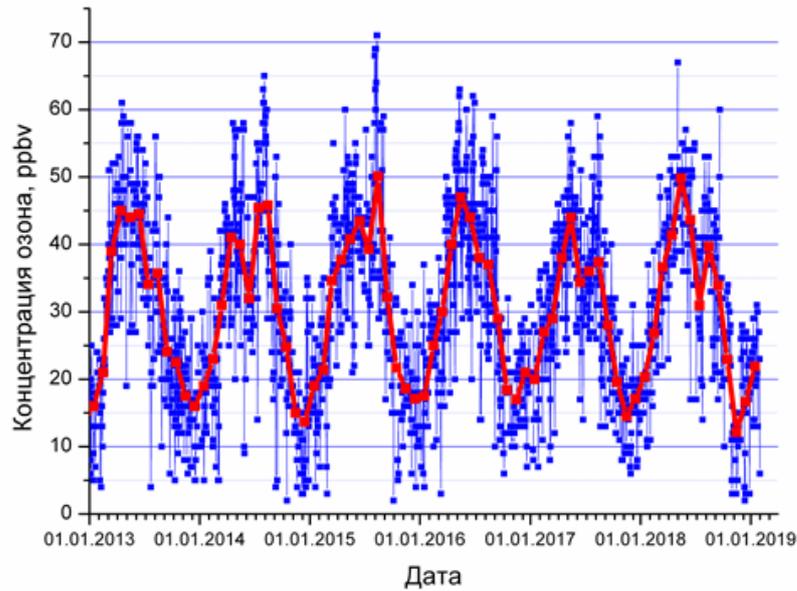


Рисунок 5.6 – Полуденные концентрации приземного озона в 2013-2018 гг., измеренные на озонометрической станции ННИЦ МО БГУ (г. Минск)

С учетом специфических особенностей поведения приземного озона общепринятой является классификация пунктов наблюдений в соответствии с их региональным расположением: удаленный (*remote*), сельский (*rural*), пригородный (*suburban*) и городской (*urban*). Часто бывает, что пункты, относящиеся к разным типам, расположены относительно близко друг к другу. При этом в большинстве случаев они находятся в зоне влияния одной и той же воздушной массы и, следовало бы ожидать, в одном и том же поле приземного озона. В связи с этим разделение пунктов наблюдений на типы по их местоположению представляется недостаточно обоснованным.

В ННИЦ МО было выдвинуто предположение, что поле концентрации приземного озона однородно в пределах воздушной массы. Местные различия в метеоусловиях и специфика естественных и антропогенных загрязнений, взаимодействующих с озоном, «моделируют» это поле, являясь причиной локальных флуктуаций приземного озона относительно его естественного суточного хода и основанием для упомянутой выше классификации пунктов наблюдений.

Если исключить влияние различающихся метеоусловий и загрязнения воздуха, концентрации озона, измеренные в разных регионах Беларуси, должны быть близкими друг другу. Поэтому рационально ввести в употребление и использовать на практике термин «климатическая норма приземного озона для чистой атмосферы и среднего климата Беларуси». Именно такая норма должна служить «точкой отсчета» для учета влияния метеорологических и антропогенных факторов на приземный озон, а также оценки его долговременных изменений (тренда) в небольшой по территории стране.

Определение климатической нормы приземного озона в «чистой» атмосфере возможно, только если известна зависимость концентрации озона от метеоусловий и концентраций прекурсоров озона. Для определения климатической нормы приземного озона в чистой атмосфере использованы все доступные измерения концентрации озона и антропогенных загрязнений на пунктах качества атмосферного воздуха во всех областных центрах Беларуси и климатические нормы метеопараметров для г. Минска (рисунок 5.7).

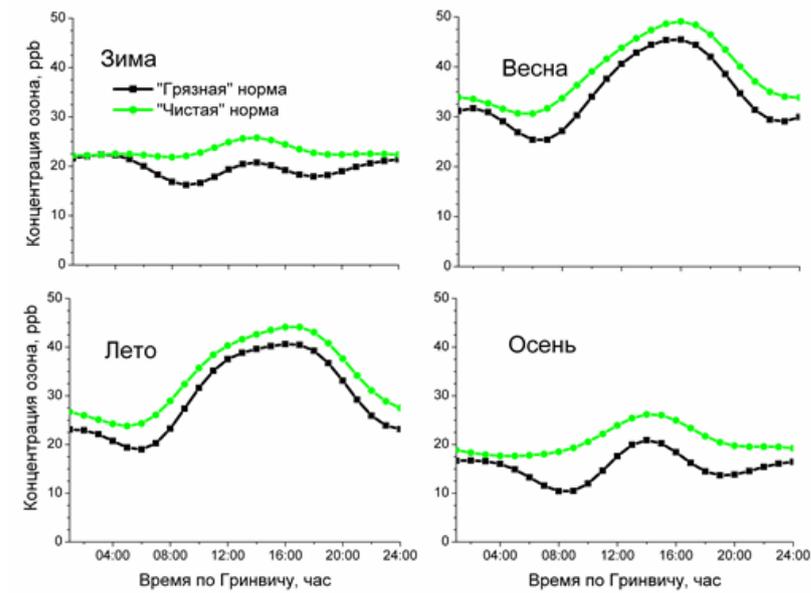


Рисунок 5.7 – Сравнение нормы приземного озона, определенной по экспериментальным данным из всех областных центров («грязной» нормы), с «чистой» нормой, определенной для условий чистой атмосферы и стандартных (нормальных минских) метеоусловиях

Как видно из рисунка, «чистая» норма приближается к «грязной» в ночное время суток. Это особенно характерно для осенне-зимнего периода. Уменьшается также глубина утреннего и вечернего провалов в суточном ходе концентрации озона, вызванных увеличением степени загрязнения городского воздуха в это время.

Из рисунка следует, что в основном согласие вполне удовлетворительное, хотя присутствуют случаи, когда рассчитанные концентрации озона существенно отличаются от измеренных значений. Обращает на себя внимание также тот факт, что постоянно наблюдается превышение измеренных концентраций над расчетными значениями для г. Витебска.

Международное сравнение

Действие Монреальского Протокола привело к уменьшению содержания в атмосфере озоноразрушающих веществ и началу восстановления содержания озона в стратосфере, это приостановило рост антарктической озоновой дыры, но еще не привело к ее сокращению.

За пределами полярных регионов, содержание озона в верхней стратосфере стало увеличиваться на 1-3 % за десятилетие, начиная с 2000 г., но никакой существенной тенденции в общем содержании озона (ОСО) в широтном поясе (60°S- 60°N) в период 1997-2016 г. в глобальных масштабах не обнаружено.

Продолжается глобальное охлаждение стратосферы: на 1.5 К (в области высот 25-35 км), 1.5 К (на высотах 35-45 км.), и 2.3 К (в слое 40-50 км.) за период с 1979 по 2005 г. Глобальная средняя температура нижней стратосферы (13-22 км.), снизилась почти на 1 К в период с 1979 г. до конца 1990-х, но не изменилась значительно с тех пор.

В период 1998-2015 гг. скорость остывания стратосферы была меньше по сравнению с охлаждением в период 1979-1997 гг., что согласуется с отрицательным глобальным трендом стратосферного озона.

Исследования последних лет подтвердили, что истощение стратосферного озона в атмосфере Антарктики являются основной движущей силой изменений приземного климата в Южном полушарии. Надежной связи между изменениями стратосферного озона и тропосферным климатом Северного полушария не обнаружено.

Ожидается, что общее содержание озона (ОСО) в средних широтах Северного полушария возвратится к уровню 1980 г. в 2030-х, а, в Южном полушарии к середине столетия.

Последние рекомендации по развитию сети мониторинга атмосферного озона были приняты на 9-й встрече научных менеджеров сторон Венской конвенции (9 ORM) 14-16 мая 2014 г. г. Женева (Швейцария).