

## 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 [35].

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).

### Основной посыл и выводы

На сегодняшний день общепризнано, что стратосферный озон, как часть атмосферы, играет ключевую роль в процессах, определяющих состояние глобальной климатической системы и связь между различными атмосферными слоями. Поглощение озоном коротковолновой солнечной радиации и излучение в инфракрасной области спектра являются важнейшими составляющими радиационного и термического баланса всей атмосферы и стратосферы, в частности. Именно процессы создания озона определяют вертикальную термическую структуру атмосферы и определяют существование области, называемой стратосферой – динамически стабильного слоя, в котором температура воздуха растет с высотой.

В последнее время установлено, что изменения циркуляционных процессов в стратосфере в ряде случаев можно рассматривать как предиктор изменений тропосферной циркуляции, а изменения климата и озоновый слой взаимосвязаны. Общее содержание озона, динамика озоносферы рассматриваются как важнейшие климатические параметры и Всемирная Метеорологическая Организация (ВМО) уделяет большое внимание изучению и мониторингу общего содержания озона, как в глобальных, так и в региональных масштабах.

### Результаты наблюдений и оценка

Проведенный ранее анализ временных рядов общего содержания озона (далее – ОСО) для разных регионов Республики Беларусь показал, что территория республики

большей частью находится в однородной области озоносферы. Поэтому характерные для 2019 г. черты динамики озоносферы над территорией нашей республики рассмотрены с использованием данных для г. Минска.

Общее содержание озона в 2019 г. отличалось большой изменчивостью – отмечены как превышения климатических значений (+ 5,5% – 6,0 % в январе и июле), так и существенный дефицит озона в отдельные месяцы (-5,6 % в апреле, -7,6 % в ноябре). Среднемесячные значения ОСО для 2019 г. и климатическая норма (средние многолетние значения за период 1997-2019 гг. для среднемесячных значений ОСО) для г. Минска представлены на рисунке 5.1.

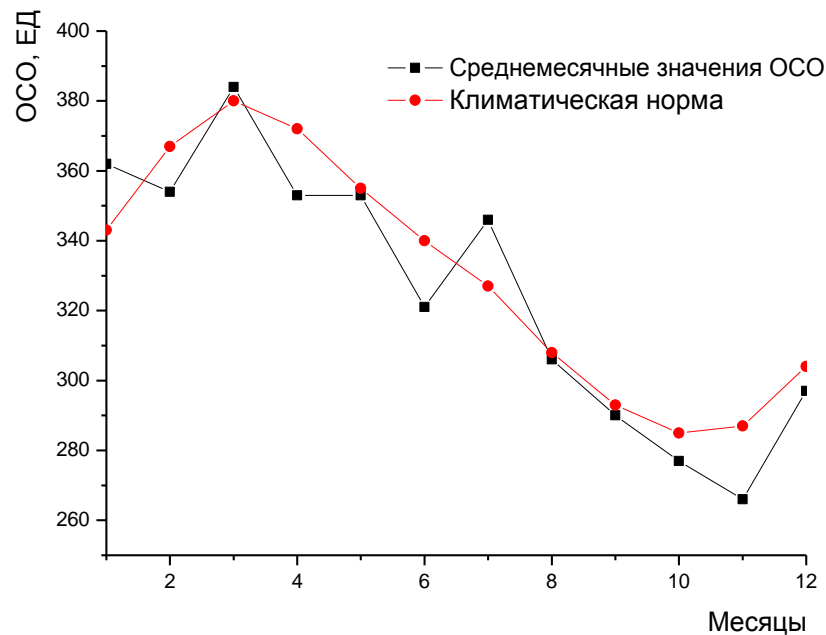


Рисунок 5.1 – Среднемесячные значения ОСО и климатическая норма для г. Минска

Минимальное значение ОСО в 2019 г. составило 228 ЕД (отмечено 27.10.2019) и было связано с отрицательной озоновой аномалией. Дефицит озона в центре аномалии составил приблизительно 25 %, центр располагался над севером Восточно-Европейской равнины. Территорию республики аномалия затронула краем, дефицит ОСО составил 20 %. Максимальное значение составило 495 ЕД (наблюдалось 26.03.2019). Это самое высокое значение ОСО за период 2002-2019 гг. (превышение над нормой 31 %), и оно связано с областью положительной озоновой аномалии, центральная часть которой располагалась над территорией Республики Беларусь. Годовой максимум наблюдался в обычное время, в марте, и был близок к климатической норме. Ежедневные значения ОСО, положительные и отрицательные аномалии представлены на рисунке 5.2.

В Северном полушарии в 2019 г. наблюдалось значительное количество отрицательных аномалий, большей частью в западном полушарии, в Северо-Атлантическом секторе. Только две из этих аномалий привели к значительному снижению ОСО над территорией республики (19.02.2019 – 21 %, 27.10.2019 – 21 %). Остальные затрагивали Республику Беларусь только краем, не приводя к существенным снижениям общего содержания озона. Отмечалось также и значительное количество положительных аномалий, пять из которых располагались над территорией республики, вызывая при этом существенное (25-30 %) превышение над нормой значений ОСО.

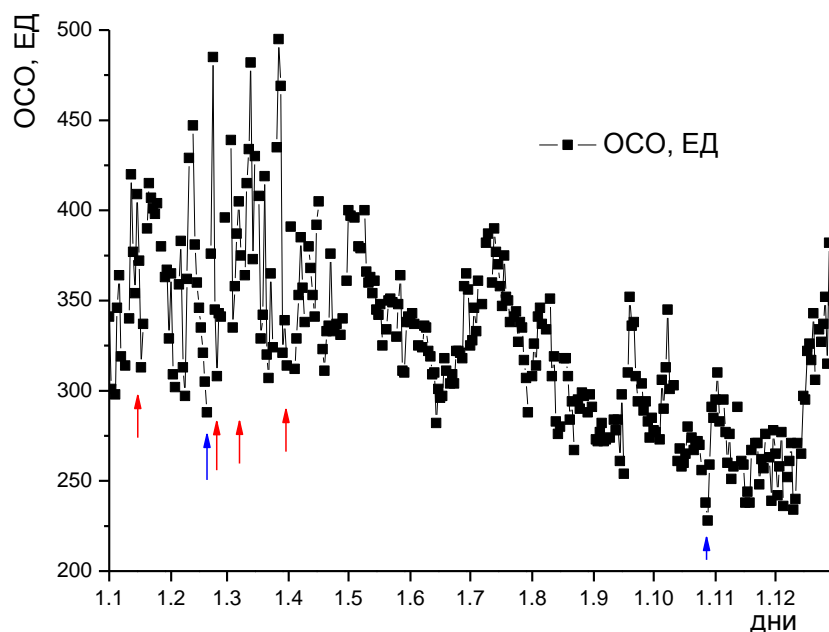


Рисунок 5.2 – Ежедневные значения ОСО. Синими стрелками отмечены отрицательные озоновые аномалии, красными – положительные

Ранее, в сообщениях ВМО отмечалось что, начиная с 2000 г, отрицательный тренд общего содержания озона в глобальных масштабах замедлился, но отмечались и значительные региональные отличия в оценке этого явления. Анализ среднегодовых значений ОСО за период 2000-2019 гг. показал, что небольшой, на уровне 0,3 ЕД/год, отрицательный тренд содержания озона в стратосфере над территорией Республики Беларусь сохраняется (рисунок 5.3).

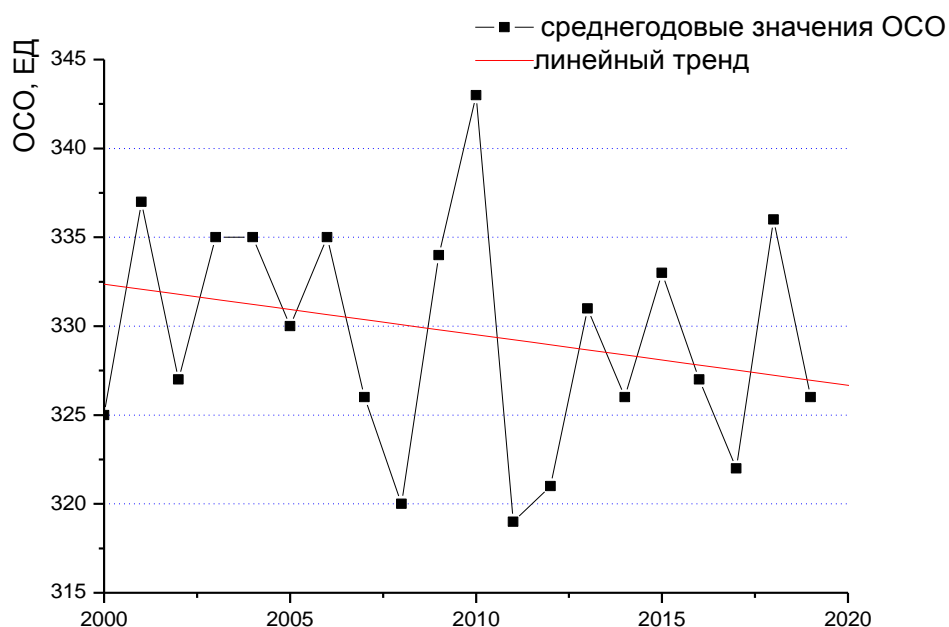


Рисунок 5.3 – Среднегодовые значения ОСО и линейный тренд за период 2000-2019 гг.

Анализ тенденций озоносферы за разные сезоны показал, что за рассматриваемый период наблюдается устойчивый небольшой положительный тренд в зимний период, особенно четко выраженный в январе и первой половине февраля (0,9 ЕД/год) и

отрицательный тренд, выраженный достаточно сильно в начале лета (-1, 6 ЕД/год) (рисунок 5.4). Отрицательный тренд ОСО отмечается во все сезоны, кроме зимы, но наиболее выражен в конце весны и начале лета.

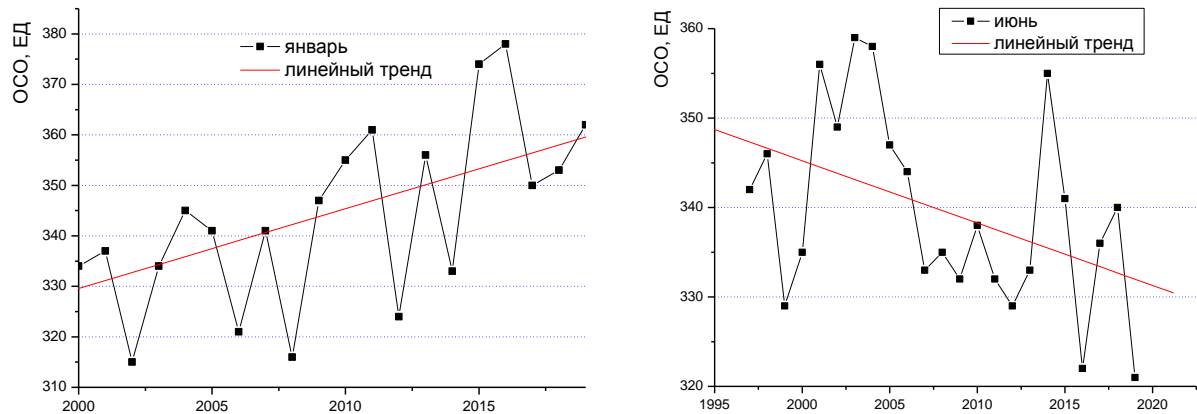


Рисунок 5.4 – Временной ряд среднемесячных значений ОСО и линейные тренды в январе и июне за период 2000-2019 гг.

### Прогноз

С учетом наметившихся тенденций можно ожидать появления отрицательных озоновых аномалий над территорией Республики (со снижением общего содержания озона от климатических значений на 10-20 %). Максимальные значения ОСО в наших широтах обычно наблюдаются весной. В это же время, при перестройке атмосферы с зимы на лето максимальна вероятность возникновения озоновых аномалий. Такие аномалии в мае-июне могут приводить к высоким значениям УФ индекса.

На рисунке 5.5 представлено состояние озоносферы за период 2016-2019 г.

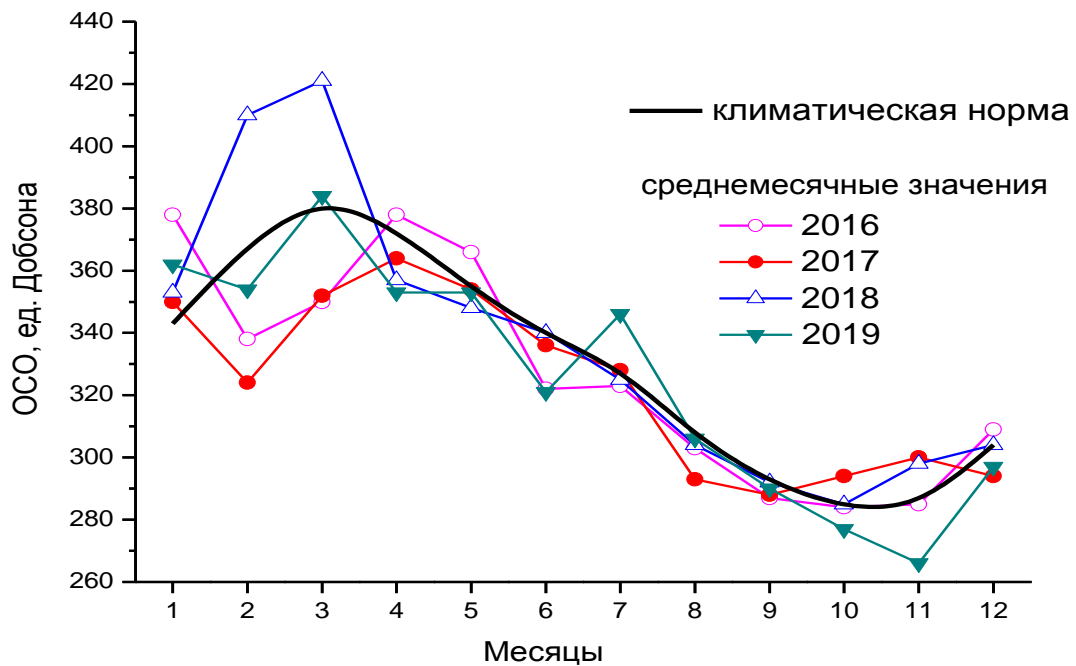


Рисунок 5.5 – Среднемесячные значения ОСО в 2016-2019 г. Климатическая норма для г. Минск