

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ, ГИДРОСФЕРЫ И ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

УДК 551.510.534

Озоновая аномалия зимой-весной 2019–2020 гг. в Арктике и над севером Евразии по данным спутниковых (Aura MLS/OMI) наблюдений

О.Е. Баженов*

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН
634055, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1*

Поступила в редакцию 20.04.2021 г.

Зимой-весной 2019–2020 гг. наблюдалась самая значительная озоновая аномалия в Арктике за всю историю наблюдений. Она была обусловлена необычайно сильным и продолжительным полярным вихрем, повлекшим беспрецедентное химическое разрушение озона. Анализ данных Aura OMI/MLS показал, что общее содержание озона неуклонно сокращалось и составило 230 е.Д. 18 марта в пункте Алерт, 222 е.Д. 18 марта в Эврике, 229 е.Д. 20 марта в Туле и 226 е.Д. 18 марта в Резольют. Минимальная температура была на 9–10% ниже нормы с декабря по апрель в стратосфере над Томском и Арктикой. Концентрация озона уменьшалась до 4 и 6% от многолетней средней на высоте 20 км 27 марта в пункте Эврика и на высоте 19 км 16 апреля в пункте Нью-Олесунн. Такое явление вписывается в контекст климатических изменений, ведущих к охлаждению стратосферы. До тех пор, пока уровень озоноразрушающих веществ в стратосфере Арктики не снизится до значений, ожидаемых от реализации Монреальского протокола, будет сохраняться опасность повторения подобных явлений в будущем. Исключительная изоляция вихря в 2020 г. значительно уменьшила его влияние на средние широты.

Ключевые слова: общее содержание озона, концентрация озона, озоновая аномалия, спутник Aura; total ozone content, ozone concentration, ozone anomaly, Aura satellite.

Введение

Рост концентрации парниковых газов в атмосфере ведет к охлаждению стратосферы [1, 2] и, как следствие, усилению стратосферного арктического полярного вихря [3]. Наиболее сильно эта тенденция проявилась зимой-весной 2019–2020 гг.: самая значительная озоновая аномалия в Арктике за всю историю наблюдений, возникшая по причине необычайно сильного и продолжительного полярного вихря, вызвала беспрецедентное химическое разрушение озона и показала, что сокращение выбросов озоноразрушающих веществ может компенсироваться эффектом низких температур [4].

Полярный вихрь, как правило, наиболее интенсивен в середине декабря или начале января и разрушается к середине марта [5]. В 2019–2020 гг. интенсивность вихря на уровне потенциальной температуры 490 К была повышенной в ноябре и находилась приблизительно на среднем уровне с декабря по январь. Площадь вихря не превышала 20–25 млн км², но в начале апреля достигала рекордных показателей за всю историю спутниковых наблюдений [6]. Вихрь сохранял устойчивость, при этом максимальная скорость зонального ветра в январе

составила 118 м/с на уровне 10 гПа [7]. Полярный вихрь сохранялся до апреля, а приблизительно 19 апреля 2020 г. он распался на две части [8]. Финальное потепление зафиксировано 29 апреля [9].

Большая продолжительность существования вихря была обусловлена длительным периодом рекордно низких стратосферных температур, установившихся в Арктике уже в конце ноября – начале декабря и оставшихся на уровне ниже порога образования полярных стратосферных облаков (ПСО) $T_{\text{NAT}} = -78^\circ\text{C}$ (NAT – nitric acid trihydrate) приблизительно до 25 марта [6, 7]. Как следствие, вихрь распространился в пределах полярного круга к началу января, а к концу января температура в стратосфере Арктики достигла рекордно низких значений за последние 40 лет. Вихрь стабильно развивался до последней недели апреля, за исключением незначительной деформации в начале февраля вследствие минорного потепления [5].

Следствием устойчиво низких температур (ниже T_{NAT}) стало широкое распространение ПСО с декабря по середину марта. Площадь ПСО на высотном уровне 460 К со значения ~ 4 млн км² в декабре удвоилась с января – по середину марта и достигла рекордных значений для периода февраль – конец марта. Температура в середине февраля – конце марта опускалась ниже порога образования кристаллических облаков (-85°C), для которых площадь

* Олег Елисеевич Баженов (boe@iao.ru).

(до 4 млн км²), объем и время существования также были рекордными [5].

Чрезвычайно низкие температуры на уровне 50 гПа, на 18 и 21 °С ниже климатологической нормы в феврале и марте соответственно, фиксировались до апреля и инициировали каталитическое разрушение озона при возвращении солнечного освещения в арктические широты [8]. В самые холодные зимы активация хлора на высотном уровне 400–500 К наблюдается в январе и феврале. В 2020 г. соединения хлора находились в агрессивной форме с декабря по начало апреля, за исключением эпизодов минорных потеплений в середине декабря и начале февраля. Как правило, в холодные арктические зимы уменьшение концентрации озона в нижней стратосфере составляет менее 0,5 млн⁻¹ в декабре и ~0,5–1,0 млн⁻¹ в январе. Однако зимой 2020 г. концентрация озона уменьшалась на 1,5–2,0 млн⁻¹ (наибольшая аномалия общего содержания озона (ОСО) в марте составила более –180 е.Д., или ~40% от климатологической нормы [8]). Содержание ClO составляло ~1,5–2,0 млрд⁻¹. Столь существенное содержание ClO и высокие потери озона зимой можно объяснить только смещением вихря в субарктические широты [5, 10]. Вихрь в начале декабря и в конце февраля находился в области 55–60° с.ш.

Тем не менее модельные расчеты показали, что восстановление озона в результате мер, предпринятых в рамках Монреальского протокола, уменьшило потери ОСО в 2020 г. на ~20 е.Д. [11].

В настоящей работе с использованием спутниковых (Aura OMI/MLS) данных исследуется период аномального содержания озона над Арктикой и севером Евразии зимой и весной 2019–2020 гг. Цель работы – показать масштабы и исключительность указанного явления, а также сформулировать предельные прогнозы.

1. Данные

Результаты измерений с помощью датчика MLS на спутнике Aura представляют собой лучшие на настоящий момент данные для анализа разрушений озона ввиду того, что они содержат информацию о таких основных малых газовых составляющих, имеющих отношение к химии озона, как ClO, N₂O и HNO₃, необходимые для выделения характерных свойств активации хлора, оседания воздуха в вихре и денитрификации [12]. В настоящей работе использованы спутниковые данные Aura OMI/MLS (<http://avdc.gsfc.nasa.gov>) в виде ОСО, содержания NO₂ в стратосфере, профилей температуры, а также профилей отношений смеси водяного пара и озона за 2005–2020 гг.

2. Обсуждение результатов

По измерениям OMI [5], ОСО в Арктике было порядка 230 е.Д. в начале (1–5) декабря, ~260 е.Д. в январе, ~218–260 е.Д. в феврале, ~220 е.Д. в марте и ~240 е.Д. в апреле. Значения ОСО, ниже

или близкие к 220 е.Д., наблюдались в начале (1–5) декабря, в конце (25–26) января, несколько дней в марте (5, 12, 17–22) и начале апреля (6–7). В декабре и январе низкие значения ОСО были вызваны озоновыми мини-дырами, формируемыми под влиянием динамических процессов; в марте и апреле разрушение озона имело химическую природу [5]. Ввиду того что климатологические средние значения ОСО, усредненные по арктической территории за период бореальной весны, высоки (~400–450 е.Д.), значения ОСО менее 220 е.Д. означают его сокращение приблизительно на 50% [7].

На рис. 1 представлены характеристики ОСО и NO₂, рассчитанные из спутниковых данных Aura OMI. Рис. 1, а иллюстрирует ОСО для арктических точек: Салехард, Россия (66,7° с.ш.; 66,7° в.д.; SAL); Жиганск, Россия (66,8° с.ш.; 123,4° в.д.; ZHI); Игарка, Россия (67,4° с.ш.; 86,6° в.д.; IGA); Оленок, Россия (68,5° с.ш.; 112,4° в.д.; OLE); Аломар, Норвегия (69,3° с.ш.; 16° в.д.; ALO); Скорсбисунн, Гренландия (70,5° с.ш.; 22° з.д.; SCO); Саммит, Гренландия (72,6° с.ш.; 38,5° з.д.; SUM); Арктик-1, Канада (73° с.ш.; 79° з.д.; ARC); Резольют, Канада (74,7° с.ш.; 95° з.д.; RES); Туле, Гренландия (76,5° с.ш.; 68,7° з.д.; THU); Эврика, Канада (80° с.ш.; 86,2° з.д.; EUR); Алерт, Канада (82,5° с.ш.; 62,4° з.д.; ALT). Отметим, что период измерений в этих пунктах укорочен по причине полярной ночи. На рис. 1, б приведен зимний ход отклонения (Δ) ОСО от многолетнего (2005–2019 гг.) среднего и отклонения содержания NO₂ в стратосфере для 11 пунктов: Плесецк, Россия (62,9° с.ш.; 40,4° в.д.; PLE), Якутск, Россия (62,1° с.ш.; 129,8° в.д.; YAK), Йокюйнен, Финляндия (60,8° с.ш.; 23,5° в.д.; JOK), Харестуа, Норвегия (60,2° с.ш.; 10,8° в.д.; HAR), Санкт-Петербург, Россия (60,0° с.ш.; 30,3° в.д.; SPB), Витим, Россия (59,5° с.ш.; 112,6° в.д.; VIT), Томск, Россия (56,5° с.ш.; 85,0° в.д.; TSK), Красноярск, Россия (56,0° с.ш.; 92,9° в.д.; KRA), Москва, Россия (55,8° с.ш.; 37,8° в.д.; MSK), Звенигород, Россия (55,7° с.ш.; 36,8° в.д.; ZVE), и Иркутск, Россия (52,3° с.ш.; 104,4° в.д.; IRK). Отклонение ОСО и содержания NO₂ рассчитывалось как разность между значением за 2019–2020 гг. и многолетним (2005–2019 гг.) средним.

Отметим, что кривые на рис. 1 и всех последующих рисунках размещаются в порядке убывания широты. Из рис. 1, а следует, что минимальные значения ОСО составили: 230 е.Д. 18 марта в точке ALT, 222 е.Д. 18 марта в EUR, 229 е.Д. 20 марта в THU, и 226 е.Д. 18 марта в RES. Минимум озона в большинстве точек севера Евразии наблюдался в середине – конце апреля. Дефицит ОСО над северными районами России достигал ~25%. Аналогичная оценка для Томска была получена на Сибирской лидарной станции, где измерения ОСО ведутся с помощью озонметра M-124 с 1993 г. Для 29 апреля дефицит составил 26%. Также значительное сокращение ОСО имело место в начале марта в точках YAK и VIT, расположенных в Якутии. Отрицательная аномалия NO₂ свыше 40%

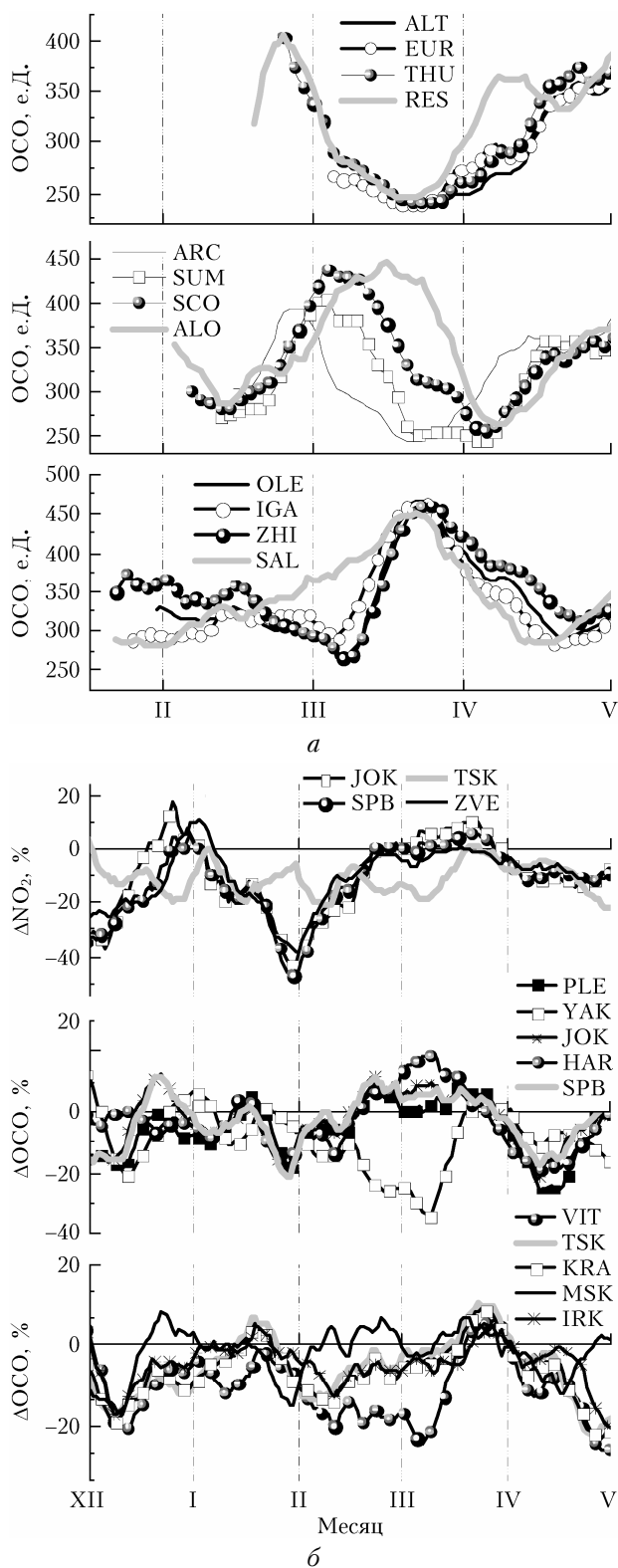


Рис. 1. Спутниковые данные Aura OMI: *a* – временной ход OCO после окончания полярной ночи и по апрель 2020 г. для 12 арктических пунктов; *б* – временной ход в декабре – апреле 2019–2020 гг. процентного отклонения OCO и содержания NO₂ в стратосфере от многолетнего (2005–2019 гг.) среднего для 11 пунктов. При построении применялось сглаживание скользящим средним по 10 точкам

в конце января для точек Северной Европы совпадает по времени с дефицитом OCO свыше 20%, что может быть связано с минорным потеплением в начале февраля [5].

Для исследования крупномасштабных полей температуры, влажности и озона использовались данные Aura MLS для точек EUR; Нью-Олесунн, Норвегия (78,9° с.ш.; 11,9° в.д.; NAD); THU; ALO; Соданкюля, Финляндия (67,4° с.ш.; 26,6° в.д.; SDA); JOK; SPB; TSK; Легьоново, Польша (52,4° с.ш.; 21° в.д.; LEG); Линденберг (52,2° с.ш.; 14,1° в.д.; LIN) и Гармиш, Германия (47,5° с.ш.; 11,1° в.д.; GAR). В настоящей работе использовались так называемые оверпассные (т.е. полученные за проход спутника над точкой) данные Aura MLS. Данные для отдельного измеряемого параметра представляют собой 8–13 профилей за сутки. Эти измерения усреднялись до получения средних дневных профилей, которые затем использовались для расчета многолетнего (2005–2019 гг.) среднего профиля. Чтобы избавиться от температурной зависимости, отношения смеси преобразованы в счетные концентрации (http://wdc.dlr.de/data_products/SERVICES/PROMOTE_O3/vmr.html).

На рис. 2 показаны: высота, на которой фиксируются максимальное процентное отклонение температуры от многолетнего среднего, и величина максимального процентного отклонения (рис. 2, *a*); разность $T_{\min} - T_{\text{NAT}}$ (T_{\min} – минимальная температура в заданном высотном диапазоне в указанный день наблюдений; $T_{\text{NAT}} = 195$ K) и высота, на которой наблюдается T_{\min} (рис. 2, *б*); процентное отклонение высоты озонового максимума сезона 2019/2020 гг. от многолетней средней высоты максимума ΔH_{\max} , а также процентное отклонение величины озонового максимума сезона 2019/2020 гг. от многолетнего среднего значения максимума $\Delta r_{H_{\max}}$ (рис. 2, *в*); высота, на которой фиксируются максимальное процентное отклонение от многолетнего среднего и значения максимального процентного отклонения счетной концентрации озона Δr_{\max} (рис. 2, *г*) и влажности ΔW_{\max} (рис. 2, *д*). Отклонение для озона и влажности рассчитывалось как разность между значением для декабря – апреля 2019–2020 гг. и средним значением для декабря – апреля 2005–2019 гг.

В [5] указано, что минимальная температура в основном была ниже T_{NAT} в течение 115 дней с декабря 2019 г. по начало апреля 2020 г. и стала рекордной за всю историю наблюдений. Отмечалось незначительное потепление 5 февраля.

Из рис. 2 следует, что минимальная температура была ниже нормы с декабря по апрель в стратосфере над Томском и Арктикой. Отклонение достигало 9–10%, а разница между T_{\min} и T_{NAT} – 5–7° в EUR и NAD на высотах 19–21 км (рис. 2, *a, б*). Температура в Арктике начала расти в конце февраля, а озон продолжал сокращаться до апреля (рис. 2, *г*). Концентрации озона уменьшались с февраля по апрель, т.е. практически до финального потепления в стратосфере Арктики. Максимальный дефицит озона составил 96% на высоте 20 км

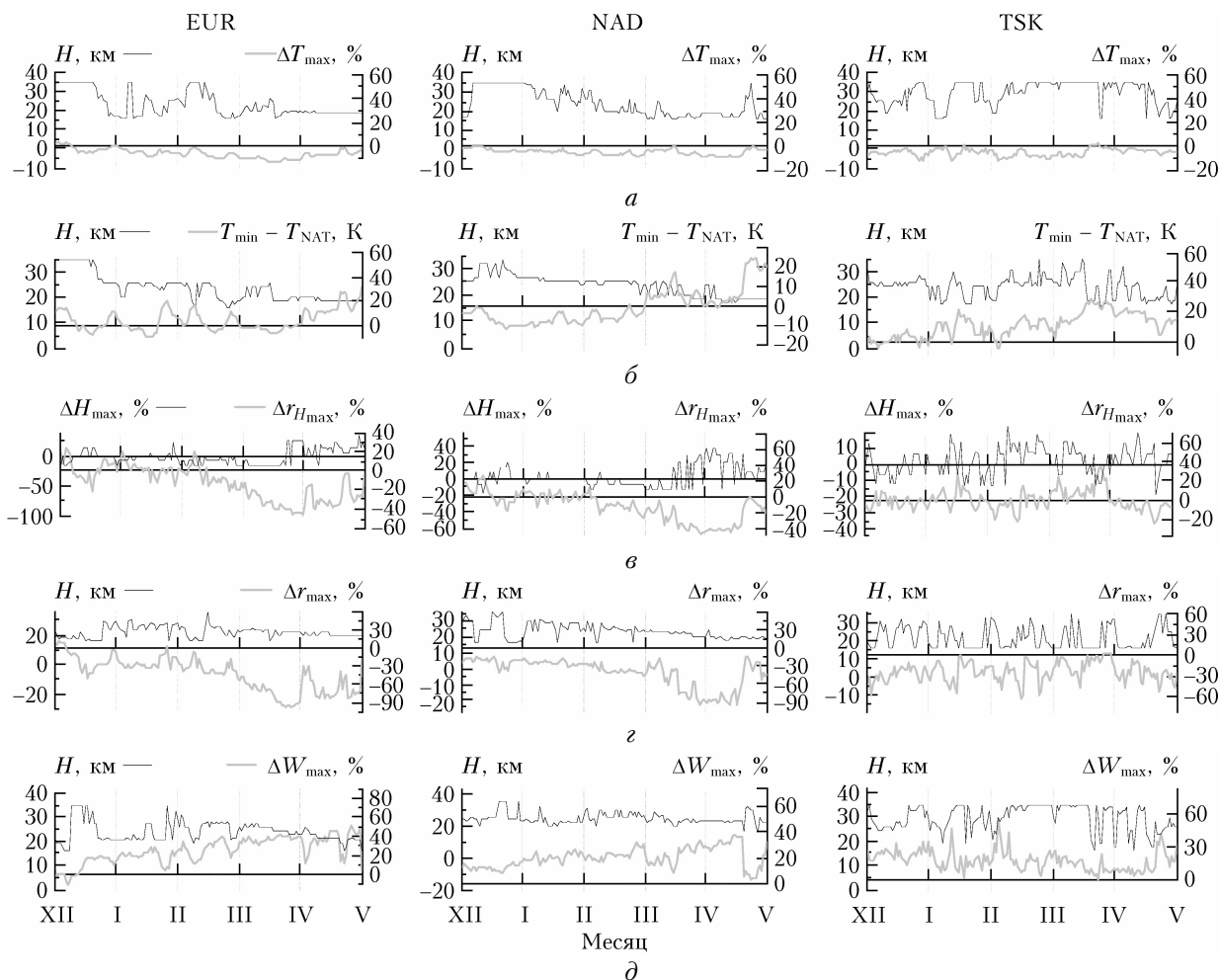


Рис. 2. Временной ход в декабре 2019 г. – апреле 2020 г. статистических характеристик и высоты их локализации: *а* – максимальных отклонений температуры от долговременного (2005–2019 гг.) среднего; *б* – $T_{\min} - T_{\text{NAT}}$; *в* – максимального процентного отклонения высоты озонового максимума сезона 2019/2020 гг. от многолетнего среднего значения ΔH_{\max} и максимального процентного отклонения величины озонового максимума сезона 2019/2020 гг. от многолетнего среднего $\Delta r_{H_{\max}}$; максимальных процентных отклонений счетной концентрации: *г* – озона Δr_{\max} (мол./см³ · 10¹²); *д* – водяного пара ΔW_{\max} (мол./см³ · 10¹²) от многолетнего среднего

27 марта для EUR и 94% на высоте 19 км 16 апреля для NAD (концентрация сокращалась приблизительно в 30 раз по сравнению с многолетним средним). Величина озонового максимума уменьшалась до апреля, а высота его локализации начала расти в марте (рис. 2, в). Влажность была повышена весь сезон ПСО (рис. 2, д). Над Томском температуры были понижены, но редко опускались ниже T_{NAT} . Влияние арктических воздушных масс на ОСО над Томском зафиксировано в конце апреля (<https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin/selectMap>).

MLS-измерения были использованы для расчета временных рядов ОСО, из которых потом были определены многолетнее (2005–2019 гг.) среднее и процентное отклонение от среднего значения ОСО в сезон ПСО 2019/2020 гг. [10] (рис. 3). Кривые на рис. 3 расположены в порядке уменьшения широты и показаны отдельно для станций Западного полушария (верхняя панель).

Наблюдается нормальный сезонный рост ОСО до начала – середины декабря, который даже опе-

режал норму на EUR и THU. Затем последовало падение ОСО ниже нормы, продолжавшееся по конец марта в Западном полушарии и по начало апреля в Восточном. Сокращение ОСО было особенно заметно в Западном полушарии. Дефицит ОСО в период его минимума достигал 48%. Над TSK ОСО было на 22% ниже нормы в конце апреля.

Ряд именитых авторов склонен называть разрушение озона в 2020 г. озоновой дырой (например, [5, 13]). Однако под этим термином обычно понимается истощение озонового слоя над Антарктидой, где пространственно-временные масштабы такого явления намного превосходят значения, характерные для арктической озоновой аномалии 2020 г. Кроме того, значения ОСО ниже 220 е.д., типичные для Антарктиды, достаточно часто могут возникать в Арктике по сугубо динамическим причинам, без заметного вклада химических процессов. Тем не менее нельзя отрицать того, что климатические изменения оказывают значительное влияние на охлаждение стратосферы, а также что холодные

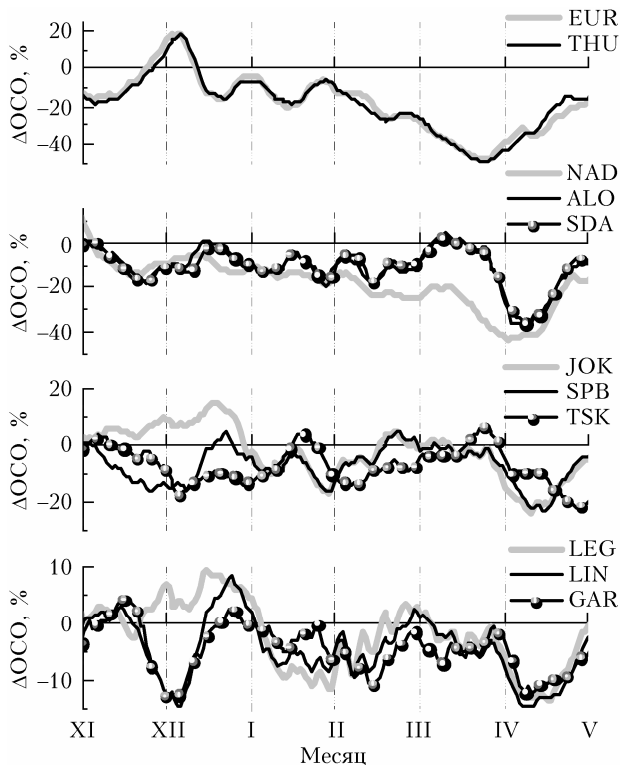


Рис. 3. Процентное отклонение интегрального (по профилю Aura MLS) OCO за 2019–2020 гг. от многолетней (2005–2019 гг.) нормы для арктических пунктов и точек на севере Евразии. При построении применялось сглаживание скользящим средним по 10 точкам

зимы в стратосфере Арктики повторяются в последние годы приблизительно раз в пять лет [4]. Это объясняет неослабевающее внимание, уделяемое в последние годы поведению озона в стратосфере Арктики. В частности, озоновой аномалии 2020 г. посвящен специальный выпуск журналов *Journal of Geophysical Research* и *Geophysical Research Letters* ([https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/toc/10.1002/\(ISSN\)1944-8007.ARCTICSPV](https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/toc/10.1002/(ISSN)1944-8007.ARCTICSPV)).

Заключение

Анализ поведения, общего содержания и концентраций озона, водяного пара, NO_2 и температуры в стратосфере по данным Aura MLS/OMI в период проявления озоновой аномалии в декабре – апреле 2019–2020 гг. позволяет сделать следующие выводы:

1. OCO показывало нормальный сезонный рост до начала – середины декабря, шедший даже с опережением нормы в EUR и THU. Затем OCO неуклонно снижалось до минимальных значений 230 е.Д. 18 марта в пункте ALT, 222 е.Д. 18 марта в EUR, 229 е.Д. 20 марта в THU и 226 е.Д. 18 марта в RES.
2. Минимальная температура была на 9–10% ниже нормы с декабря по апрель в стратосфере над Томском и Арктикой. Над Томском температуры были понижены, но редко опускались ниже $T_{\text{нат}}$. Влияние арктических воздушных масс на OCO над Томском зафиксировано в конце апреля.

3. Концентрация озона уменьшалась до 4 и 6% от многолетней средней на высоте 20 км 27 марта для EUR и на высоте 19 км 16 апреля для NAD.

4. Величина озонового максимума уменьшалась до апреля, а высота его локализации начала расти в марте.

5. Влажность была повышена весь сезон ПСО.

1. Jonsson A.I., De Grandpre J., Fomichev V.I., McConnell J.C., Beagley S.R. Doubled CO_2 -induced cooling in the middle atmosphere: photochemical analysis of the ozone radiative feedback // *J. Geophys. Res.* 2004. V. 109. N D24103. DOI: 10.1029/2004JD005093.
2. Pyle J., Shepherd T.G., Bodeker G., Canziani P., Dameris M., Forster P., Gruzdev A., Müller R., Muthama N.J., Pitari G., Randel W. Ozone and climate: A review of interconnections. Chapter 1. Safeguarding the ozone layer and the Global Climate System // IPCC/TEAP Special Report. Cambridge University Press. 2005. P. 83–132.
3. Hu D., Guan Z., Tian W., Ren R. Recent strengthening of the stratospheric Arctic vortex response to warming in the central North Pacific // *Nat. Com.* 2018. V. 9. P. 1697. DOI: 10.1038/s41467-018-04138-3.
4. Wohltmann I., von der Gathen P., Lehmann R., Maturrilli M., Deckelmann H., Manney G.L., Davies D., Tarasik D., Jepsen N., Kivi R., Lyall N., Rex M. Near complete local reduction of Arctic stratospheric ozone by severe chemical loss in spring 2020 // *Geophys. Res. Lett.* 2020. V. 47. P. e2020GL089547. DOI: 10.1029/2020GL089547.
5. Kuttippurath J., Feng W., Müller R., Kumar P., Raj S., Gopikrishnan G.P., Roy R. Arctic on the verge of an ozone hole? // *Atmos. Chem. Phys. Discuss.* [Preprint]. DOI: 10.5194/acp-2020-1313, in review, 2021.
6. Lawrence Z.D., Perlwitz J., Butler A.H., Manney G.L., Newman P.A., Lee S.H., Nash E.R. The remarkably strong Arctic stratospheric polar vortex of Winter 2020: Links to record-breaking arctic oscillation and ozone loss // *J. Geophys. Res.: Atmos.* 2020. V. 125, N 22. P. e2020JD033271. DOI: 10.1029/2020JD033271.
7. Dameris M., Loyola D.G., Nützel M., Coldewey-Egbers M., Lerot C., Romahn F., van Roozendaal M. Record low ozone values over the Arctic in boreal spring 2020 // *Atmos. Chem. Phys.* 2021. V. 21. P. 617–633. DOI: 10.5194/acp-21-617-2021.
8. Inness A., Chabrillat S., Flemming J., Huijnen V., Langenrock B., Nicolas J., Polichtchouk I., Razinger M. Exceptionally low Arctic stratospheric ozone in spring 2020 as seen in the CAMS reanalysis // *J. Geophys. Res. Atmos.* 2020. V. 125, N 23. P. e2020JD033563. DOI: 10.1029/2020JD033563.
9. Rao J., Garfinkel C.I. Arctic ozone loss in March 2020 and its seasonal prediction in CFSv2: A comparative study with the 1997 and 2011 cases // *J. Geophys. Res.: Atmos.* 2020. V. 125, iss. 21. P. e2020JD033524. DOI: 10.1029/2020JD033524.
10. Баженов О.Е., Невзоров А.А., Невзоров А.В., Долгий С.И., Makeev A.P. Возмущение стратосферы над Томском зимой 2017/2018 гг. по данным лидарных и спутниковых (Aura MLS/OMI) наблюдений // *Оптика атмосф. и океана.* 2020. Т. 33, № 7. С. 509–515; Bazhenov O.E., Nevzorov A.A., Nevzorov A.V., Dolgii S.I., Makeev A.P. Disturbance of the stratosphere over Tomsk during winter 2017/2018 using lidar and Aura MLS/OMI observations // *Atmos. Ocean. Opt.* 2020. V. 33, N 6. P. 622–628. DOI: 10.15372/AOO20200702.

11. *Feng W., Dhomse S., Arosio C., Weber M., Burrows J.P., Santee M.L., Chipperfield M.P.* Arctic ozone depletion in 2019/20: Roles of chemistry, dynamics and the Montreal protocol GRL // *Geophys. Res. Lett.* 2021. V. 48, N 48. P. e2020GL091911. DOI: 10.1029/2020GL091911.
12. *Manney G.L., Livesey N.J., Santee M.L., Froidevaux L., Lambert A., Lawrence Z.D., Millán L.F., Neu J.L., Read W.G., Schwartz M.J., Fuller R.A.* Record low Arctic stratospheric ozone in 2020: MLS observations of chemical processes and comparisons with previous extreme winters // *Geophys. Res. Lett.* 2020. V. 47. P. e2020GL089063. DOI: 10.1029/2020GL089063.
13. *Wilka C., Solomon S., Kinnison D., Tarasick D.* An arctic ozone hole in 2020 if not for the Montreal Protocol // *Atmos. Chem. Phys. Discuss.* [Preprint]. DOI: 10.5194/acp-2020-1297, in review, 2021.

O.E. Bazhenov. Ozone anomaly during winter-spring 2019–2020 in the Arctic and over the north of Eurasia according to satellite (Aura MLS/OMI) observations.

In winter-spring 2019–2020 there was the strongest ozone anomaly in the Arctic in the total history of the ozone observations. It was due to extraordinarily strong and long-lived polar vortex entailing unprecedented chemical ozone destruction. Analysis of Aura OMI/MLS data showed that the total ozone content steadily decreased until having been 230 DU on March 18 at Alert site, 222 DU on March 18 at Eureka, 229 DU on March 20 at Thule, and 226 DU on March 18 at Resolute. The minimal temperature was 9–10% below norm from December to April in the stratosphere over Tomsk and the Arctic. Ozone concentration had been 4% of the long-term mean at altitude of 20 km on March 27 for Eureka and 6% at altitude of 19 km on April 16 for Ny-Elesund (i.e., about a factor of 30 below). This event is within the context of climate changes leading to cooling of the stratosphere. As far as the level of ozone depleting substances in the stratosphere of the Arctic is above acceptable values, there will be a danger that these events will reoccur in the future. Fortunately, the 2020 vortex was exclusively isolated, which appreciably mitigated its effect on midlatitudes.