

АТМОСФЕРНАЯ РАДИАЦИЯ, ОПТИЧЕСКАЯ ПОГОДА И КЛИМАТ

УДК 551.510

**Взаимосвязь динамики газового состава  
и метеорологических величин в районе Томска**

**П.Н. Антохин, О.Ю. Антохина, В.В. Антонович, В.Г. Аршинова,  
М.Ю. Аршинов, Б.Д. Белан, С.Б. Белан, Д.К. Давыдов, Н.В. Дудорова,  
Г.А. Ивлев, А.В. Козлов, Д.А. Пестунов, Т.М. Рассказчикова, Д.Е. Савкин,  
Д.В. Симоненков, Т.К. Складнева, Г.Н. Толмачев, А.В. Фофонов\***

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

Поступила в редакцию 26.02.2020 г.

В работе исследовалась взаимосвязь между изменениями концентраций  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_2$  и счетной концентрации аэрозолей с частицами диаметром более 0,4 мкм и следующими метеовеличинами: температурой воздуха, атмосферным давлением, направлением и скоростью ветра, суммарной солнечной радиацией и ультрафиолетовой радиацией в диапазоне 295–320 нм, относительной влажностью и упругостью водяного пара. Использовались данные мониторинга состава воздуха (за период 1993–2018 г.г.) на TOR-станции в районе Академгородка г. Томска.

*Ключевые слова:* атмосфера, аэрозоль, воздух, газ, диоксид азота, диоксид серы, диоксид углерода, метан, мониторинг, озон, оксид азота, оксид углерода, состав воздуха; atmosphere, aerosols, air, gas, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, carbon dioxide, methane, monitoring, ozone, nitrogen oxide, carbon oxide, air composition.

**Введение**

Наблюдающееся изменение глобального климата, в значительной степени обусловленное растущими антропогенными выбросами [1], может через обратные связи климатической системы привести к увеличению концентрации газовых и аэрозольных компонентов в воздухе не только промышленных регионов, но и фоновых районов [2–9]. Поэтому исследованию связи между содержанием тех или иных соединений в атмосфере и изменениями метеовеличин посвящено достаточно много работ.

В [10] показано, что рост температуры воздуха повышает продуктивность лесной растительности, приводя к усвоению большего количества  $\text{CO}_2$  и росту эмиссии летучих органических соединений. Кароль И.Л. и Решетников А.И. отмечают, что в те-

плещем климате происходит рост концентрации всех парниковых газов [11]. Авторы [12] указывают, что, помимо температуры воздуха, на эффективность поглощения углекислого газа растениями влияет влажность почвы. В [13] зафиксировано, что увеличение температуры воздуха запускает интенсификацию фотосинтеза и, следовательно, снижает концентрацию  $\text{CO}_2$ . Авторы [14], опираясь на фенологический подход, показали, что повышение температуры воздуха приводит к расширению вегетационного периода и тем самым к увеличению ассимиляции углекислого газа. Однако, основываясь на подобных данных, в [15] получено, что с увеличением температуры рост сезонной амплитуды концентрации  $\text{CO}_2$  приостановился. Еще более сильный эффект выявлен в [16], где показано, что при очень высоких температурах прекращается фотосинтез, что ведет к увеличению концентрации углекислого газа. В [17] отмечают значительную межгодовую изменчивость концентрации  $\text{CO}_2$ , зависящую от вариаций метеовеличин. Помимо углекислого газа, выявлено влияние метеовеличин на концентрации других газовых и аэрозольных компонентов воздуха. В [18–20] это показано на примере озона, в [21, 22] – метана, в [23–25] – оксидов азота, в [26, 27] – оксида углерода, в [28] – диоксида серы. Кроме того, есть публикации, в которых влияние метеоусловий исследуется для нескольких газовых примесей [29–33].

Все вышеупомянутые работы, отражающие влияние метеоусловий на состав воздуха, опирались

\* Павел Николаевич Антохин (apn@iao.ru); Ольга Юрьевна Антохина (antokhina@iao.ru); Владимир Викторович Антонович (voldemar@iao.ru); Виктория Геннадьевна Аршинова (arvi@iao.ru); Михаил Юрьевич Аршинов (michael@iao.ru); Борис Денисович Белан (bbd@iao.ru); Сергей Борисович Белан (bsb@iao.ru); Денис Константинович Давыдов (denis@iao.ru); Нина Викторовна Дудорова (ninosh@mail.ru); Георгий Алексеевич Ивлев (ivlev@iao.ru); Артем Владимирович Козлов (artem@iao.ru); Дмитрий Александрович Пестунов (pest@iao.ru); Татьяна Михайловна Рассказчикова (rtm@iao.ru); Денис Евгеньевич Савкин (sde@iao.ru); Денис Валентинович Симоненков (simon@iao.ru); Татьяна Константиновна Складнева (tatyana@iao.ru); Геннадий Николаевич Толмачев (tgn@ipc.tsc.ru); Александр Владиславович Фофонов (alenfo@iao.ru).

на результаты специальных экспериментов или непродолжительных измерений. Многолетние же исследования состава воздуха, которых достаточно много [34–45], как правило, не учитывают влияние временных вариаций метеорологических величин. Поэтому цель настоящей работы – анализ взаимосвязи между изменениями концентраций атмосферных примесей и метеорологическими величинами в многолетнем разрезе.

## Исходные данные

Для исследования использовались данные мониторинга состава воздуха, полученные с 1993 по 2018 г. на TOR-станции, расположенной в районе томского Академгородка [46]. Измерительный комплекс в течение указанного периода постоянно модернизировался путем расширения контролируемых параметров. Современное его состояние представлено в [47].

Для исключения короткопериодных погодных вариаций анализ выполнялся по среднемесячным значениям. Были изучены взаимосвязи концентраций атмосферных примесей ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_2$  и аэрозолей с диаметром частиц более 0,4 мкм) со следующими метеорологическими величинами: температурой воздуха ( $T$ ), давлением ( $P$ ), направлением ( $d$ ) и скоростью ( $V$ ) ветра, суммарной солнечной радиацией ( $SR$ ) и ультрафиолетовой радиацией

в диапазоне 295–320 нм (УФ–Б), относительной влажностью воздуха ( $U$ ), упругостью водяного пара ( $e$ ).

## Результаты и обсуждение

Результаты сопоставления многолетнего хода концентраций атмосферных примесей и метеорологических величин показывают, что все разнообразие вероятных взаимосвязей можно разделить на три группы: почти синхронное поведение (рис. 1, *a*), антикорреляция, или изменение в противофазе (рис. 1, *б*), и независимый, или случайный, ход (рис. 1, *в*). Следует отметить, что графики для рис. 1 специально не отбирались. В каждой группе их достаточно много.

Для оценки характера и тесноты связи между метеорологическими величинами и компонентами атмосферы были рассчитаны коэффициенты корреляции, представленные в табл. 1. Поскольку ряды наблюдений имеют разную длительность, в приводимых результатах указывается число проанализированных случаев.

Из данных, представленных в табл. 1, следует, что у озона имеется значимая положительная или отрицательная корреляция почти со всеми анализируемыми метеорологическими величинами, за исключением направления ветра. Последнее означает, что в окрестностях TOR-станции либо нет источников озонобразующих веществ, либо отсутствуют условия для его

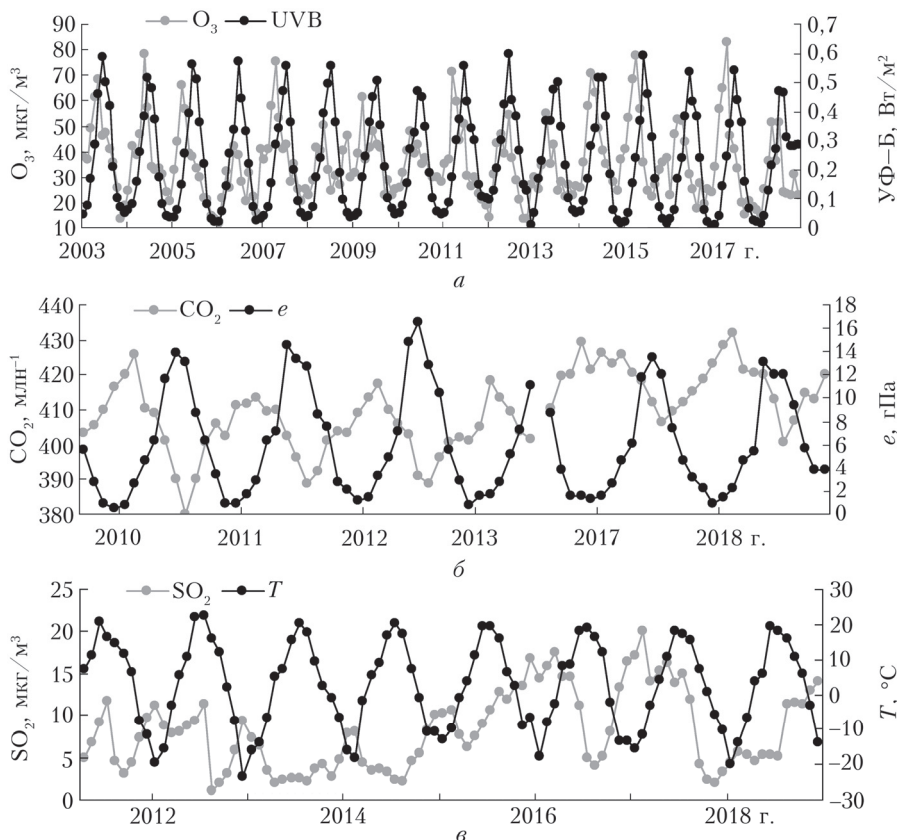


Рис. 1. Многолетний ход концентраций  $\text{O}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  и метеорологических величин в районе г. Томска

Коэффициенты корреляции между среднемесячными значениями метеовеличин и концентрациями газов и аэрозолей

Метеовеличина	O <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO	Аэрозоли
SR	<b>0,504</b>	<b>-0,461</b>	-0,387	-0,197	-0,124	0,046	0,058	-0,237
УФ–Б	<b>0,305</b>	<b>-0,624</b>	-0,513	-0,163	-0,164	-0,120	-0,200	<b>-0,337</b>
<i>T</i>	<b>0,326</b>	<b>-0,626</b>	<b>-0,586</b>	<b>-0,301</b>	-0,230	-0,032	-0,057	<b>-0,419</b>
<i>P</i>	<b>-0,332</b>	<b>0,594</b>	<b>0,590</b>	<b>0,329</b>	0,211	0,126	-0,057	<b>0,525</b>
<i>e</i>	<b>0,425</b>	<b>-0,621</b>	-0,387	-0,178	-0,231	0,047	-0,081	-0,309
<i>U</i>	<b>-0,591</b>	0,245	0,421	0,100	-0,076	-0,110	0,103	0,190
<i>V</i>	<b>-0,238</b>	0,282	0,051	<b>-0,301</b>	-0,301	-0,103	-0,184	-0,056
<i>d</i>	0,030	0,103	-0,009	-0,123	0,271	0,110	0,000	-0,316
<i>N</i>	311	73	30	158	93	206	116	104
<i>R</i> ( <i>Q</i> = 0,05)	0,11	0,24	0,36	0,16	0,21	0,14	0,19	0,20
<i>R</i> ( <i>Q</i> = 0,001)	0,19	0,39	0,57	0,27	0,34	0,23	0,31	0,32

Примечание. *N* – число случаев, вошедших в расчет; *R* (*Q* = 0,05) и *R* (*Q* = 0,001) – уровень значимости коэффициента корреляции для данного *N* и доверительной вероятности *Q*, взятые из [48]; полужирным выделены коэффициенты, значимые по уровню 0,001, курсивом – значимые по уровню 0,05.

генерации *in situ* [49]. Подобные взаимосвязи зафиксированы для некоторых метеовеличин и в других регионах планеты [50–53]. Положительная корреляция O<sub>3</sub> с солнечной радиацией и ультрафиолетовой частью ее спектра вполне объяснима, так как большая часть тропосферного озона генерируется из газов предшественников под действием УФ–Б-излучения в основном в пограничном слое [54, 55]. Температура воздуха, как показано в [56, 57], в значительной степени определяет генерацию озона в атмосфере. Это и отражается в положительной связи с указанной величиной. Высокий коэффициент корреляции между O<sub>3</sub> и *e*, скорее всего, обусловлен тем, что упругость водяного пара существенно зависит от температуры воздуха [58], а прямой причинно-следственной связи здесь нет. Антикорреляция между относительной влажностью и озоном определяется тем, что в большом диапазоне температур (+30...–30 °С) ее увеличение отрицательно сказывается на скорости образования O<sub>3</sub> в атмосфере [59]. Значимая обратная связь между O<sub>3</sub> и *V*, вероятно, обусловлена тем, что с ростом скорости ветра увеличивается турбулентность атмосферы и происходит рассеивание примесей по всему пограничному слою атмосферы [60, 61]. На связи O<sub>3</sub> и *P*, как и с другими составляющими, останемся чуть ниже, так как атмосферное давление оказывается значимо связанным с изменением и других компонентов воздуха.

Высокие отрицательные корреляционные связи углекислого газа с солнечной и УФ–Б-радиацией, температурой и упругостью водяного пара в табл. 1 объясняются достаточно просто. CO<sub>2</sub> по отношению к этим метеовеличинам имеет обратный годовой ход [62, 63]. Когда возрастает приток солнечной радиации и, следовательно, УФ–Б-радиации, начинает расти температура воздуха и содержание влаги, растительность начинает усиленно поглощать углерод при фотосинтезе, а также усиливается вертикальное перемешивание воздуха в тропосфере. В результате с ростом значений большинства метео-

величин концентрация CO<sub>2</sub> в приземном слое атмосферы падает.

Поскольку сезонные изменения концентраций метана и углекислого газа имеют схожую структуру [62, 64], это отражается на характере взаимосвязи CH<sub>4</sub> с метеовеличинами; как и у CO<sub>2</sub>, у него наблюдается значимый отрицательный коэффициент корреляции (табл. 1).

У диоксида азота, помимо положительной зависимости от давления, фиксируются значимые отрицательные связи с температурой воздуха и скоростью ветра (табл. 1). Вероятно, антикорреляцию со скоростью ветра можно интерпретировать, как и для озона, повышением рассеивания за счет турбулентности. Уменьшение же концентрации NO<sub>2</sub> при росте температуры, по-видимому, обусловлено участием оксидов азота в циклах генерации озона. В чистом воздухе, как известно [65], устанавливается тройственный баланс NO–O<sub>3</sub>–NO<sub>2</sub>. Согласно независимым исследованиям территория вокруг ТОР-станции большую часть времени находится в фоновых условиях [66, 67].

Атмосферный аэрозоль, как и газовые примеси воздуха, имеет устойчивую положительную связь с давлением воздуха и отрицательные связи с суммарной солнечной радиацией, УФ–Б-радиацией, температурой воздуха и упругостью водяного пара. Учитывая, что годовой ход счетной концентрации аэрозоля (*d* > 0,4 мкм) – обратный по отношению к указанным метеовеличинам [47, 68], то такой результат выглядит закономерно.

Между тем данные, приведенные в табл. 1, не выявляют значимых связей между метеовеличинами и такими газовыми компонентами, как SO<sub>2</sub>, CO и NO.

Из анализа данных следует, что для отдельных соединений имеются устойчивые связи между их концентрацией и метеовеличинами. На рис. 1 видно, что теснота и знак связей в основном определяются особенностями годового хода примесей и метеовеличин. В то же время очевидно, что давление

не имеет явно выраженного годового хода [58]. Следовательно, у обнаруженных связей  $O_3$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $NO_2$  и счетной концентрации аэрозоля с давлением воздуха другая природа. При этом важно подчеркнуть, что перед обработкой концентрации всех газовых примесей были приведены к нормальным условиям ( $0\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $1013\text{ гПа}$ ).

Из синоптической метеорологии известно, что основные изменения атмосферного давления связаны с прохождением через пункт наблюдения циклонов и антициклонов, ложбин и гребней [69]. Как правило, в умеренных широтах циклоны проходят серией по 3–5 объектов, и затем появляется завершающий антициклон [70]. Таким образом, в пункте наблюдений будут чередоваться волны пониженного и повышенного давления (рис. 2).

При повышении атмосферного давления концентрация углекислого газа растет. Это и отражается в положительном коэффициенте корреляции. Между рядами озона и давления в табл. 1 зафиксирован отрицательный коэффициент корреляции. На рис. 2, б легко заметить, что для этой пары характерно почти обратное изменение. Рост давле-

ния приводит к уменьшению концентрации озона. Это позволяет предположить, что выявленные значимые корреляционные связи обусловлены циркуляционными процессами. Ранее нами было показано, что газовый состав достаточно однороден в каждой воздушной массе и скачкообразно изменяется при переходе из одной в другую [71]. Появление циклонов на территории наблюдений значительно изменяет амплитуду  $CO_2$  в суточном ходе [72]. В пользу этой гипотезы также говорят результаты исследований некоторых авторов влияния синоптических процессов на состав воздуха [73–75].

Для проверки этой гипотезы нами были рассчитаны коэффициенты корреляции между среднемесячными концентрациями газов и аэрозолей и повторяемостью циклонов, антициклонов, ложбин и гребней. Данные, представленные в табл. 2, частично (не для всех примесей) подтверждают высказанную гипотезу. Озон, например, значимо связан почти со всеми синоптическими объектами. Концентрации  $NO_2$ ,  $CO$  и аэрозолей имеют тесную связь с суммарной повторяемостью синоптических образований.

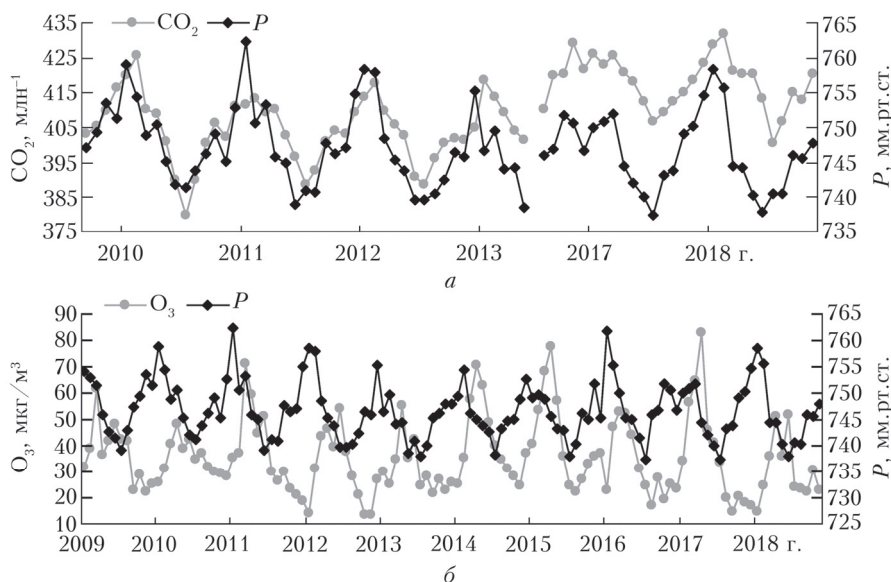


Рис. 2. Многолетний ход атмосферного давления и концентраций  $CO_2$  и  $O_3$  в районе г. Томска

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между среднемесячными значениями повторяемости синоптических ситуаций и концентрациями газов и аэрозолей

Синоптический объект	$O_3$	$CO_2$	$CH_4$	$NO_2$	$NO$	$CO$	$SO_2$	Аэрозоли
Повторяемость циклонов	-0,139	0,042	-0,032	0,026	-0,101	-0,018	-0,033	-0,143
Повторяемость антициклонов	-0,145	0,081	-0,033	0,004	-0,188	0,154	-0,062	0,195
Повторяемость циклонов и антициклонов суммарно	<b>-0,196</b>	0,106	0,305	0,017	-0,207	0,114	-0,081	0,062
Повторяемость циклонов и ложбин	<b>-0,160</b>	0,158	-0,136	0,142	0,109	<b>-0,245</b>	-0,012	0,012
Повторяемость антициклонов и гребней	-0,078	0,012	0,212	0,065	-0,032	0,065	-0,043	-0,021
Повторяемость циклонов, ложбин антициклонов и гребней суммарно	<b>-0,198</b>	0,157	0,079	0,172	0,057	-0,153	-0,042	<b>-0,535</b>
$N$	311	73	30	158	93	206	116	105
$Q = 0,05$	0,11	0,24	0,36	0,16	0,19	0,14	0,21	0,20
$Q = 0,001$	0,19	0,39	0,57	0,27	0,31	0,23	0,34	0,32



Возможно, для анализа следовало бы использовать другую характеристику, а не повторяемость, поскольку синоптические объекты существенно различаются между собой как по перепаду давления, так и по размеру, скорости перемещения и месту зарождения. Тем не менее даже такой подход частично позволяет выявить влияние циркуляции атмосферы на изменение состава воздуха.

Все вышеприведенные результаты получены по среднемесячным значениям, для которых характерно наличие годового хода. Для многих метеовеличин и компонентов воздуха он подобен. Поэтому целесообразно в анализе исключить действие этого фактора. Для этого воспользуемся среднегодовыми величинами.

Данные табл. 3 показывают, что характер взаимосвязи среднегодовых концентраций газов и аэрозолей и метеовеличин кардинально меняется. Во-первых, уменьшается уровень значимости коэффициентов корреляции. Только для NO и солнечной радиации он значим на уровне 0,001, что, вероятно, отражает фотолиз NO<sub>2</sub>, в ходе которого и образуется оксид азота [65]. Во-вторых, состав воздуха в многолетнем ходе почти не коррелирует с солнечной радиацией, температурой и давлением воздуха. При этом ряд газовых примесей (O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) и аэрозоли выявляют наличие взаимосвязи с водяным паром ( $e, U$ ) и скоростью ветра. Корреляцию концентраций CO и аэрозолей с направлением ветра можно объяснить наличием вблизи пункта измерений источников этих компонентов. Обратная связь NO<sub>2</sub> и температуры воздуха объясняется нелинейной зависимостью скорости фотохимического взаимодействия диоксида азота с другими газовыми составляющими воздуха [76].

Сам многолетний ход не обнаруживает постоянных синхронных или асинхронных связей, как это следует из рис. 2.

Из графиков, приведенных на рис. 3, видно, что есть асинхронные изменения концентраций озона и аэрозоля и метеовеличин, но они не охватывают весь анализируемый период. Так, для озона можно сказать, что его концентрация изменяется в противофазе по отношению к содержанию водяного пара. Смена же фаз произошла в 1995 и 2001 гг. (рис. 3, а). Для аэрозоля характерны более короткие переходы между фазами. Их смена наблюдалась в 1994, 2004, 2012 и 2016 гг. (рис. 3, б).

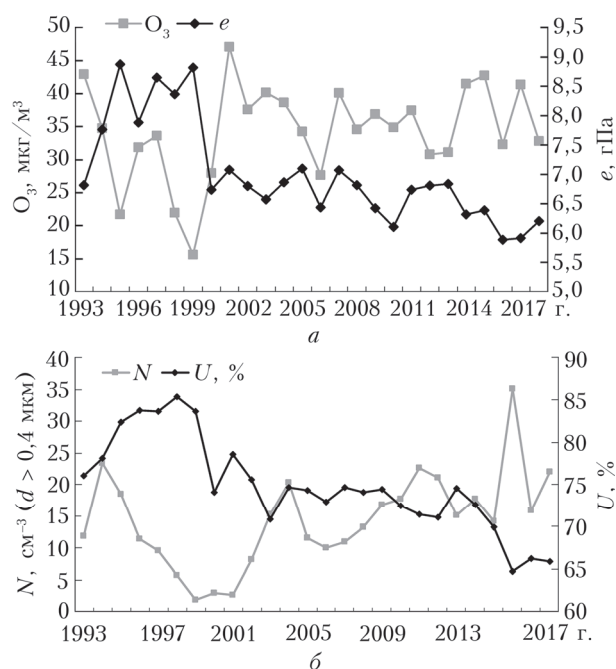


Рис. 3. Среднегодовые значения: а – концентрации озона и абсолютной влажности; б – счетной концентрации аэрозоля и относительной влажности

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между среднегодовыми значениями концентраций газов и аэрозолей и метеовеличин

Метеовеличина	O <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO	Аэрозоли
SR	-0,038	-0,078	-0,203	0,567	-0,120	<b>0,579</b>	-0,169
УФ-В	-0,257	-0,615	0,106	-0,686	-0,246	-0,080	0,132
T	-0,208	0,426	<b>-0,483</b>	0,139	0,154	-0,277	0,004
P	<b>-0,400</b>	-0,318	0,173	0,462	0,025	-0,239	-0,303
e	<b>-0,589</b>	<b>-0,656</b>	0,063	<b>-0,752</b>	0,052	-0,073	<b>-0,415</b>
U	<b>-0,447</b>	<b>-0,690</b>	0,190	<b>-0,837</b>	-0,136	0,075	<b>-0,587</b>
V	<b>-0,495</b>	<b>-0,669</b>	0,018	<b>-0,787</b>	-0,096	-0,153	<b>-0,432</b>
d	0,025	0,360	0,061	0,306	<b>0,449</b>	-0,189	<b>0,394</b>
Повторяемость циклонов	-0,251	0,266	0,213	-0,398	0,315	-0,287	-0,153
Повторяемость антициклонов	0,364	0,536	-0,090	-0,340	0,200	0,493	<b>-0,397</b>
Повторяемость циклонов и антициклонов суммарно	-0,339	0,500	0,022	-0,386	0,270	0,055	-0,314
N	26	10	17	8	21	13	26
R (Q = 0,05)	0,39	0,63	0,48	0,71	0,43	0,55	0,39
R (Q = 0,001)	0,61	0,87	0,73	0,93	0,67	0,80	0,61

Примечание. Полу жирным курсивом выделены значения коэффициентов корреляции между вероятностью 0,05 и 0,001.

## Заключение

Выполненный по среднемесячным данным анализ взаимосвязи концентраций газовых и аэрозольных компонентов воздуха и метеовеличин показывает, что все их разнообразие делится на три группы: почти синхронные изменения, антикорреляция и независимый, или случайный, ход.

Озон значимо положительно или отрицательно коррелирует почти со всеми анализируемыми метеовеличинами, за исключением направления ветра. Высокие отрицательные связи углекислого газа зафиксированы с суммарной солнечной и УФ–Б-радиацией, температурой и упругостью водяного пара. Подобные связи с теми же метеовеличинами зафиксированы и для метана. У диоксида азота, помимо положительной зависимости от давления, фиксируется две значимых отрицательных связи с температурой воздуха и скоростью ветра. Вероятно, антикорреляцию со скоростью ветра можно интерпретировать, как и для озона, повышением рассеивания за счет турбулентности. Атмосферный аэрозоль, как и газовые примеси воздуха, имеет устойчивую положительную связь с давлением воздуха и отрицательные связи с солнечной радиацией, УФ–Б-радиацией, температурой воздуха и упругостью водяного пара. Не выявлено значимых связей метеовеличин и таких компонентов, как SO<sub>2</sub>, CO и NO.

Теснота и знак связей в основном определяют особенностями годового хода примесей и метеовеличин. У обнаруженных связей O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub> и счетной концентрации аэрозоля с давлением воздуха другая природа. Они обусловлены циркуляционными процессами.

Характер взаимосвязи среднегодовых концентраций газов и аэрозоля и метеовеличин кардинально меняется: уменьшается уровень значимости коэффициентов корреляции и состав взаимосвязанных переменных. Состав воздуха в многолетнем ходе почти не коррелирует с солнечной радиацией, температурой и давлением воздуха. Многие газы показывают взаимосвязь с водяным паром и скоростью ветра. Между анализируемыми величинами наблюдаются асинхронные изменения, но они не охватывают весь анализируемый период.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что в многолетнем ходе состав воздуха определяется крупномасштабными атмосферными процессами.

Для подготовки работы использовались данные, полученные с помощью инфраструктуры ИОА СО РАН, созданной и эксплуатируемой по госзаданию № АААА-А17-117021310142-5, включая ЦКП «Атмосфера». Анализ динамики аэрозоля выполнен при финансовой поддержке РФФИ (грант № 19-05-50024).

1. Bodeker G., Boucher O., Collins W.D., Conway T.J., Dlugokencky E., Elkins J.W., Etheridge D., Foukal P., Fraser P., Geller M., Joos F., Keeling C.D., Keeling R., Kinne S., Lasey K., Lohmann U., Manning A.C., Montzka S., Oram D., O'Shaughnessy K., Piper S., Plattner G.-K., Ponater M., Ramankutty N.,

- Reid G., Rind D., Rosenlof K., Sausen R., Schwarzkopf D., Solanki S.K., Stenchikov G., Stuber N., Takemura T., Textor C., Wang R., Weiss R., Whorf T. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. Repot N 5. IPCC, 2014. P. 129–234.
2. Holmberg M., Aalto T., Akujärvi A., Arslan A.N., Bergström I., Böttcher K., Lahtinen I., Mäkelä A., Markkanen T., Minunno F., Peltoniemi M., Rankinen K., Vihervaara P., Forsius M. Ecosystem services related to carbon cycling – modeling present and future impacts in boreal forests // *Front. Plant Sci.* 2019. V. 10, N 3. 14 p.
3. Dean J.F., Middelburg J.J., Röckmann T., Aerts R., Blaw L.G., Egger M., Jetten M.S.M., de Jong A.E.E., Meisel O.H., Rasigraf O., Slomp C.P., in't Zandt M.H., Dolman A.J. Methane feedbacks to the global climate system in a warmer world // *Rev. Geophys.* 2018. V. 56, N 1. P. 207–250.
4. Romer P.S., Duffey K.C., Wooldridge P.J., Allen H.M., Ayres B.R., Brown S.S., Brune W.H., Crouse J.D., de Gouw J., Draper D.C., Feiner P.A., Fry J.L., Goldstein A.H., Koss A., Misztal P.K., Nguyen T.B., Olson K., Teng A.P., Wennberg P.O., Wild R.J., Zhang L., Cohen R.C. The lifetime of nitrogen oxides in an isoprene-dominated forest // *Atmos. Chem. Phys.* 2016. V. 16, N 12. P. 7623–7637.
5. Pace L., Boccacci L., Casilli M., Di Carlo P., Fattorini S. Correlations between weather conditions and airborne pollen concentration and diversity in a Mediterranean high-altitude site disclose unexpected temporal patterns // *Aerobiologia.* 2018. V. 34, N 1. P. 75–87.
6. Yeung L.Y., Murray L.T., Martinerie P., Witrant E., Hu H., Banerjee A., Orsi A., Chappellaz J. Isotopic constraint on the twentieth-century increase in tropospheric ozone // *Nature.* 2019. V. 570, N 7760. P. 224–227.
7. Derwent R.G., Manning A.J., Simmonds P.G., Spain T.G., O'Doherty S. Long-term trends in ozone in baseline and European regionally-polluted air at Mace Head, Ireland over a 30-year period // *Atmos. Environ.* 2018. V. 179. P. 279–287.
8. Meehl G.A., Tebaldi C., Tilmes S., Lamarque J.-F., Bates S., Pendergrass A., Lombardozzi D. Future heat waves and surface ozone // *Environ. Res. Lett.* 2018. V. 13, N 6. 9 p.
9. Wang B., Shugart H.H., Lerdau M.T. Sensitivity of global greenhouse gas budgets to tropospheric ozone pollution mediated by the biosphere // *Environ. Res. Lett.* 2017. V. 12, N 8. 9 p.
10. Bohn F.J., May F., Huth A. Species composition and forest structure explain the temperature sensitivity patterns of productivity in temperate forests // *Biogeosciences.* 2018. V. 15, N 6. P. 1795–1813.
11. Кароль И.Л., Решетников А.И. Парниковые газы, аэрозоли и климат // *Тр. ГГО.* 2014. Вып. 573. С. 5–38.
12. Humphrey V., Zscheischler J., Ciais P., Gudmundsson L., Sitch S., Seneviratne S.I. Sensitivity of atmospheric CO<sub>2</sub> growth rate to observed changes in terrestrial water storage // *Nature.* 2018. V. 560, N 7720. P. 628–631.
13. Reich P.B., Sendall K.M., Stefanski A., Rich R.L., Hobbie S.E., Montgomery R.A. Effects of climate warming on photosynthesis in boreal tree species depend on soil moisture // *Nature.* 2018. V. 562, N 7726. P. 263–267.
14. Richardson A.D., Hufkens K., Milliman T., Aubrecht D.M., Furze M.E., Seyednasrollah B., Krassovski M.B., Latimer J.M., Nettles W.R., Heiderman R.R., Warren J.M., Hanson P.J. Ecosystem warming extends vegetation activity but heightens vul-

- nerability to cold temperatures // *Nature*. 2018. V. 560, N 7718. P. 368–371.
15. Li Z., Xia J., Ahlström A., Rinke A., Koven C., Hayes D.J., Duoying Ji, Zhang G., Krinner G., Chen G., Cheng W., Dong J., Liang J., Moore J.C., Jiang L., Yan L., Ciais P., Peng S., Wang Y.-P., Xiao X., Shi Z., McGuire A.D., Luo Y. Non-uniform seasonal warming regulates vegetation greening and atmospheric CO<sub>2</sub> amplification over northern lands // *Environ. Res. Lett.* 2018. V. 13, N 12. 10 p.
  16. De Kauwe M.G., Medlyn B.E., Pitman A.J., Drake J.E., Ukkola A., Griebel A., Pendall E., Prober S., Roderick M. Examining the evidence for decoupling between photosynthesis and transpiration during heat extremes // *Biogeosciences*. 2019. V. 16, N 4. P. 903–916.
  17. Chi J., Nilsson M.B., Kljun N., Wallerman J., Fransson J.E.S., Laudon H., Lundmark T., Peichl M. The carbon balance of a managed boreal landscape measured from a tall tower in northern Sweden // *Agricult. Forest Meteorol.* 2019. V. 274. P. 29–41.
  18. Jing P., Lu Z., Steiner A.L. The ozone-climate penalty in the Midwestern U.S. // *Atmos. Environ.* 2017. V. 170. P. 130–142.
  19. Hunter N., Rendell R.J., Higlett M.P., O'Hagan J.B., Haylock R.G.E. Relationship between erythema effective UV radiant exposure, total ozone, cloud cover and aerosols in southern England, UK // *Atmos. Chem. Phys.* 2019. V. 19, N 1. P. 683–699.
  20. Varotsos K.V., Giannakopoulos C., Tombrou M. Ozone-temperature relationship during the 2003 and 2014 heatwaves in Europe // *Region. Environ. Change*. 2019. V. 19, N 4. 12 p.
  21. Дзюба А.В., Елизеев А.В., Мохов И.И. Оценка изменений скорости стока метана из атмосферы при потеплении климата // *Изв. РАН. Физика атмосф. и океана*. 2012. Т. 48, № 3. С. 372–382.
  22. Lohila A., Aalto T., Aurela M., Hatakka J., Tuovinen J.-P., Kilkki J., Penttilä T., Vuorenmaa J., Häneninen P., Sutinen R., Viisanen Y., Laurila T. Large contribution of boreal upland forest soils to a catchment-scale CH<sub>4</sub> balance in a wet year // *Geophys. Res. Lett.* 2016. V. 43, N 6. P. 2946–2953.
  23. Xu X.F., Tian H.Q., Chen G.S., Liu M.L., Ren W., Lu C.Q., Zhang C. Multifactor controls on terrestrial N<sub>2</sub>O flux over North America from 1979 through 2010 // *Biogeosciences*. 2012. V. 9, N 4. P. 1351–1366.
  24. Romer P.S., Duffey K.C., Wooldridge P.J., Edgerton E., Baumann K., Feiner P.A., Miller D.O., Brune W.H., Koss A.R., de Gouw J.A., Misztal P.K., Goldstein A.H., Cohen R.C. Effects of temperature-dependent NO<sub>x</sub> emissions on continental ozone production // *Atmos. Chem. Phys.* 2018. V. 18, N 4. P. 2601–2614.
  25. Gong Y., Wu J., Vogt J., Le T.B., Yuan T. Combination of warming and vegetation composition change strengthens the environmental controls on N<sub>2</sub>O fluxes in a boreal peatland // *Atmosphere*. 2018. V. 9, N 12. 13 p.
  26. Bruhn D., Albert K.R., Mikkelsen T.N., Ambus P. UV-induced carbon monoxide emission from living vegetation // *Biogeosciences*. 2013. V. 10, N 12. P. 7877–7882.
  27. Lee T.R., De Wekker S.F.J., Pal S., Andrews A.E., Kofler J. Meteorological controls on the diurnal variability of carbon monoxide mixing ratio at a mountain-top monitoring site in the Appalachian Mountains // *Tellus B*. 2015. V. 67. DOI: 10.3402/tellusb.v67.25659.
  28. Елизеев А.В. Влияние соединений серы в тропосфере на наземный углеродный цикл // *Изв. РАН. Физика атмосф. и океана*. 2015. Т. 51, № 6. С. 673–683.
  29. Кузнецова И.Н., Шалыгина И.Ю., Нахаев М.И., Глазкова А.А., Захарова П.В., Лезина Е.А., Звягинцев А.М. Неблагоприятные для качества воздуха метеорологические факторы // *Тр. Гидрометцентра России*. 2014. Вып. 351. С. 154–172.
  30. Luo G.J., Bruggemann N., Wolf B., Gasche R., Grote R., Butterbach-Bahl K. Decadal variability of soil CO<sub>2</sub>, NO, N<sub>2</sub>O, and CH<sub>4</sub> fluxes at the Högwald Forest, Germany // *Biogeosciences*. 2012. V. 9, N 5. P. 1741–1763.
  31. Pokrovsky O.S., Shirokova L.S., Kirpotin S.N., Kulizhsky S.P., Vorobiev S.N. Impact of western Siberia heat wave 2012 on greenhouse gases and trace metal concentration in thaw lakes of discontinuous permafrost zone // *Biogeosciences*. 2013. V. 10, N 8. P. 5349–5365.
  32. Buchholz R.R., Paton-Walsh C., Griffith D.W.T., Kubistin D., Caldwell C., Fisher J.A., Deutscher N.M., Kettlewell G., Riggensbach M., Macatangay R., Krummel P.B., Langenfelds R.L. Source and meteorological influences on air quality (CO, CH<sub>4</sub> & CO<sub>2</sub>) at a Southern Hemisphere urban site // *Atmos. Environ.* 2016. V. 126. P. 274–280.
  33. Zhao Z., Dong S., Jiang X., Liu S., Ji H., Li Y., Han Y., Sha W. Effects of warming and nitrogen deposition on CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O emissions in alpine grassland ecosystems of the Qinghai-Tibetan Plateau // *Sci. Total Environ.* 2017. V. 592. P. 565–572.
  34. Тимохина А.В., Прокушкин А.С., Панов А.В., Колосов П.А., Сиденко Н.В., Лаврич Й., Хайманн М. Межгодовая изменчивость концентрации диоксида углерода в атмосфере над центральной частью Сибири (по данным международной обсерватории ZOTTO за 2009–2015 гг.) // *Метеорол. и гидрол.* 2015. № 5. С. 20–29.
  35. Le Quéré C, Andrew R.M., Friedlingstein P., Sitch S., Hauck J, Pongratz J., Pickers P.A., Korsbakken J.I., Peters G.P., Canadell J.G., Arneeth A., Arora V.K., Barbero L., Bastos A., Bopp L., Chevallier F., Chini L.P., Ciais P., Doney S.C., Gkritzalis T., Goll D.S., Harris I., Haverd V., Hoffman F.M., Hoppema M., Houghton R.A., Hurtt G., Ilyina T., Jain A.K., Johannessen T., Jones C.D., Kato E., Keeling R.F., Goldewijk K.K., Landschützer P., Lefèvre N., Liebert S., Liu Z., Lombardozzi D., Metz N., Munro D.R., Nabel J.E.M.S., Nakaoka S., Neill C., Olsen A., Ono T., Patra P., Peregon A., Peters W., Peylin P., Pfeil B., Pierrot D., Poulter B., Rehder G., Resplandy L., Robertson E., Rocher M., Rödenbeck C., Schuster U., Schwinger J., Séférian R., Skjelløev I., Steinhoff T., Sutton A., Tans P.P., Tian H., Tubiello F.N., van der Laan-Luijkx I.T., van der Werf G.R., Viovy N., Walker A.P., Wiltshire A.J., Wright R., Zaehle S., Zheng B. Global carbon budget 2018 // *Earth Syst. Sci. Data*. 2018. V. 10, N 4. P. 2141–2194.
  36. Holl D., Wille C., Sachs T., Schreiber P., Runkle B.R.K., Beckebanze L., Langer M., Boike J., Pfeifer E.-M., Fedorova I., Bolshianov D.Y., Grigoriev M.N., Kutzbach L. A long-term (2002 to 2017) record of closed-path and open-path eddy covariance CO<sub>2</sub> net ecosystem exchange fluxes from the Siberian Arctic // *Earth Syst. Sci. Data*. 2019. V. 11, N 1. P. 221–240.
  37. Barnes E.A., Fiore A.M., Horowitz L.W. Detection of trends in surface ozone in the presence of climate variability // *J. Geophys. Res.: Atmos.* 2016. V. 121, N 10. P. 6112–6129.
  38. Chang K.-L., Petropavlovskikh I., Cooper O.R., Schultz M.G., Wang T. Regional trend analysis of surface ozone observations from monitoring networks in



- eastern North America, Europe and East Asia // *Elem. Sci. Anth.* 2017. V. 5: 50. DOI: 10.1525/elementa.243.
39. Yan Y., Pozzer A., Ojha N., Lin J., Lelieveld J. Analysis of European ozone trends in the period 1995–2014 // *Atmos. Chem. Phys.* 2018. V. 18, N 8. P. 5589–5605.
  40. Zhou Y., Mao H., Demerjian K., Hogrefe C., Liu J. Regional and hemispheric influences on temporal variability in baseline carbon monoxide and ozone over the Northeast US // *Atmos. Environ.* 2017. V. 164. P. 309–324.
  41. Li T., Zhang W., Zhang Q., Lu Y., Wang G., Niu Z., Raivonen M., Vesala T. Impacts of climate and reclamation on temporal variations in CH<sub>4</sub> emissions from different wetlands in China: From 1950 to 2010 // *Biogeosci.* 2015. V. 12, N 23. P. 6853–6868.
  42. Basso L.S., Gatti L.V., Gloor M., Miller J.B., Domingues L.G., Correia C.S.C., Borges V.F. Seasonality and interannual variability of CH<sub>4</sub> fluxes from the eastern Amazon Basin inferred from atmospheric mole fraction profiles // *J. Geophys. Res.: Atmos.* 2016. V. 121, N 1. P. 168–184.
  43. Арабов А.Я., Боровский А.Н., Еланский Н.Ф., Елохов А.С., Сенник И.А., Савиных В.В. Двуокись азота в атмосфере над Северным Кавказом: тридцать лет наблюдений // Докл. АН. 2012. Т. 446, № 3. С. 318–324.
  44. Storkey J., Macdonald A.J., Poulton P.R., Scott T., Köhler I.H., Schnyder H., Goulding K.W.T., Crawley M.J. Grassland biodiversity bounces back from long-term nitrogen addition // *Nature.* 2015. V. 528, N 7582. P. 401–404.
  45. Sarkkola S., Nieminen M., Koivusalo H., Lauren A., Kortelainen P., Mattsson T., Palviainen M., Piirainen S., Star M., Finer L. Trends in concentrations and export of nitrogen in boreal forest streams // *Boreal Environ. Res.* 2012. V. 17, N 2. P. 85–101.
  46. Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Зуев В.В., Зуев В.Е., Ковалевский В.К., Лиготский А.В., Мелешкин В.Е., Панченко М.В., Покровский Е.В., Рогов А.Н., Симоненков Д.В., Толмачев Г.Н. TOR-станция мониторинга атмосферных параметров // Оптика атмосфер. и океана. 1994. Т. 7, № 8. С. 1085–1092.
  47. Давыдов Д.К., Белан Б.Д., Антохин П.Н., Антохина О.Ю., Антонович В.В., Аршинова В.Г., Аршинов М.Ю., Ахлестин А.Ю., Белан С.Б., Дудорова Н.В., Ивлев Г.А., Козлов А.В., Пестунов Д.А., Рассказчикова Т.М., Савкин Д.Е., Симоненков Д.В., Скляднева Т.К., Толмачев Г.Н., Фазлиев А.З., Фофонов А.В. Мониторинг атмосферных параметров: 25 лет TOR-станции ИОА СО РАН // Оптика атмосфер. и океана. 2018. Т. 31, № 10. С. 845–853; Davydov D.K., Belan B.D., Antokhin P.N., Antokhina O.Yu., Antonovich V.V., Arshinova V.G., Arshinov M.Yu., Akhlyostin A.Yu., Belan S.B., Dudorova N.V., Ivlev G.A., Kozlov A.V., Pestunov D.A., Rasskazchikova T.M., Savkin D.E., Simonenkov D.V., Sklyadnaya T.K., Tolmachev G.N., Fazliev A.Z., Fofonov A.V. Monitoring of atmospheric parameters: 25 years of the tropospheric ozone research station of the Institute of Atmospheric Optics, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences // *Atmos. Ocean. Opt.* 2019. V. 32, N 2. P. 180–192.
  48. Наследов А.Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных. СПб.: Речь, 2007. 392 с.
  49. Белан Б.Д. Озон в тропосфере. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2010. 488 с.
  50. Fu T.-M., Zheng Y., Paulot F., Mao J., Yantosca R.M. Positive but variable sensitivity of August surface ozone to large-scale warming in the southeast United States // *Nat. Clim. Change.* 2015. N 3. 5 p.
  51. Jasaitis D., Vasiliauskien V., Chadysien R., Peculien M. Surface ozone concentration and its relationship with UV radiation, meteorological parameters and radon on the Eastern Coast of the Baltic Sea // *Atmosphere.* 2016. V. 7, N 2. 11 p. DOI: 10.3390/atmos7020027.
  52. Du Preez D.J., Ajtic J.V., Bencherif H., Bègue N., Cadet J.-M., Wright C.Y. Spring and summer time ozone and solar ultraviolet radiation variations over Cape Point, South Africa // *Ann. Geophys.* 2019. V. 37, N 2. P. 129–141.
  53. Hu X.-M., Xue M., Kong F., Zhang H. Meteorological conditions during an ozone episode in Dallas – Fort Worth, Texas, and impact of their modeling uncertainties on air quality prediction // *J. Geophys. Res.: Atmospheres.* 2019. V. 124, N 4. P. 1941–1961.
  54. Белан Б.Д., Скляднева Т.К. Тропосферный озон. 4. Фотохимическое образование тропосферного озона: роль солнечной радиации // Оптика атмосфер. и океана. 2008. Т. 21, № 10. С. 858–868; Belan B.D., Sklyadnaya T.K. Tropospheric ozone. 4. Photochemical formation of tropospheric ozone: the role of solar radiation // *Atmos. Ocean. Opt.* 2008. V. 21, N 10. P. 746–754.
  55. Антохин П.Н., Аршинова В.Г., Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Белан С.Б., Давыдов Д.К., Козлов А.В., Краснов О.А., Праслова О.В., Рассказчикова Т.М., Савкин Д.Е., Толмачев Г.Н., Фофонов А.В. Суточная динамика вертикального распределения озона в пограничном слое атмосферы в районе Томска // Оптика атмосфер. и океана. 2013. Т. 26, № 8. С. 665–672; Antokhin P.N., Arshinova V.G., Arshinov M.Yu., Belan B.D., Belan S.B., Davydov D.K., Kozlov A.V., Krasnov O.A., Praslova O.V., Rasskazchikova T.M., Savkin D.E., Tolmachev G.N., Fofonov A.V. Diurnal dynamics of ozone vertical distribution in the atmospheric boundary layer near Tomsk city // *Atmos. Ocean. Opt.* 2013. V. 26, N 8. P. 673–678.
  56. Белан Б.Д., Савкин Д.Е., Толмачев Г.Н. Зависимость образования озона в приземном слое от температуры воздуха // Оптика атмосфер. и океана. 2017. Т. 30, № 11. С. 971–979; Belan B.D., Savkin D.E., Tolmachev G.N. Generation of ozone in the surface air layer versus air temperature // *Atmos. Ocean. Opt.* 2018. V. 31, N 2. P. 187–196.
  57. Белан Б.Д., Савкин Д.Е., Толмачев Г.Н. Исследование связи снежного покрова и концентрации озона в приземном слое воздуха в районе г. Томска // Оптика атмосфер. и океана. 2018. Т. 31, № 8. С. 665–669; Belan B.D., Savkin D.E., Tolmachev G.N. Study of the relationship between snow cover and ozone concentration in the surface air layer // *Atmos. Ocean. Opt.* 2018. V. 31, N 8. P. 665–669.
  58. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. СПб.: Гидрометеоиздат, 2000. 780 с.
  59. Белан Б.Д., Савкин Д.Е. Роль влажности воздуха в изменении приземной концентрации озона // Оптика атмосфер. и океана. 2019. Т. 32, № 5. С. 395–398.
  60. Белан Б.Д. Динамика слоя перемешивания по аэрозольным данным // Оптика атмосфер. и океана. 1994. Т. 7, № 8. С. 1045–1054.
  61. Аршинов М.Ю., Белан Б.Д. Суточный ход концентрации микродисперсной фракции аэрозоля // Оптика атмосфер. и океана. 2000. Т. 13, № 11. С. 983–990.
  62. Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Давыдов Д.К., Иноуе Г., Максюттов Ш.Ш., Machida T., Фофонов А.В. Пространственная и временная изменчивость концентрации



- CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> в приземном слое воздуха на территории Западной Сибири // Оптика атмосфер. и океана. 2009. Т. 22, № 2. С. 183–192; *Arshinov M.Yu., Belan B.D., Davydov D.K., Inoue G., Maksutov Sh.Sh., Machida T., Fofonov A.V.* Spatio-temporal variability of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> concentration in the surface atmospheric layer over West Siberia // Atmos. Ocean. Opt. 2009. V. 22, N 1. P. 84–93.
63. *Ивахов В.М., Парамонова Н.Н., Привалов В.И., Зинченко А.В., Лоскутова М.А., Макитас А.П., Кустов В.А., Лаурилла Т., Аурела М., Асми Э.* Атмосферная концентрация диоксида углерода на станциях Тикси и Мыс Баранова в 2010–2017 гг. // Метеорол. и гидрол. 2019. № 4. С. 110–121.
64. *Kandel T.P., Laerke P.E., Elsgaard L.* Annual emissions of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O from a temperate peat bog: Comparison of an undrained and four drained sites under permanent grass and arable crop rotations with cereals and potato // *Agricult. Forest Meteorol.* 2018. V. 256–257. P. 470–481.
65. *Белан Б.Д.* Тропосферный озон. 6. Компоненты озоновых циклов // Оптика атмосфер. и океана. 2009. Т. 22, № 4. С. 358–379; *Belan B.D.* Ozone in troposphere. 6. Compounds of ozone cycles // Atmos. Ocean. Opt. 2009. V. 22, N 4. P. 358–379.
66. *Яушева Е.П., Панченко М.В., Козлов В.С., Терпугова С.А., Чернов Д.Г.* Влияние города на аэрозольные характеристики атмосферы Академгородка г. Томска в переходные сезоны // Оптика атмосфер. и океана. 2014. Т. 27, № 11. С. 981–988.
67. *Панченко М.В., Полькин В.В., Полькин Вас.В., Козлов В.С., Яушева Е.П., Шмаргунов В.П.* Распределение по размерам «сухой основы» частиц в приземном слое атмосферы пригородного района г. Томска в рамках эмпирической классификации типов «аэрозольной погоды» // Оптика атмосфер. и океана. 2019. Т. 32, № 7. С. 539–547; *Panchenko M.V., Pol'kin V.V., Pol'kin Vas.V., Kozlov V.S., Yausheva E.P., Shmargunov V.P.* Size distribution of dry matter of particles in the surface atmospheric layer in the suburban region of Tomsk within the empirical classification of aerosol weather types // Atmos. Ocean. Opt. 2019. V. 32, N 6. P. 655–662.
68. *Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Ковалевский В.К., Толмачев Г.Н.* Результаты климато-экологического мониторинга на ТОР-станции. Ч. 3. Атмосферный аэрозоль // Оптика атмосфер. и океана. 1995. Т. 8, № 8. С. 1185–1190.
69. *Хромов С.П.* Основы синоптической метеорологии. Л.: Гидрометиздат, 1948. 700 с.
70. *Воробьев В.И.* Синоптическая метеорология. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 616 с.
71. *Антохина О.Ю., Антохин П.Н., Аршинова В.Г., Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Белан С.Б., Давыдов Д.К., Дудорова Н.В., Ивлев Г.А., Козлов А.В., Рассказчикова Т.М., Савкин Д.Е., Симоненков Д.В., Скляднева Т.К., Толмачев Г.Н., Фофанов А.В.* Исследование состава воздуха в различных воздушных массах // Оптика атмосфер. и океана. 2018. Т. 31, № 9. С. 752–759; *Antokhina O.Yu., Antokhin P.N., Arshinova V.G., Arshinov M.Yu., Belan B.D., Belan S.B., Davydov D.K., Dudorova N.V., Ivlev G.A., Kozlov A.V., Rasskazchikova T.M., Savkin D.E., Simonenkov D.V., Sklyadneva T.K., Tolmachev G.N., Fofonov A.V.* Study of the composition of air masses of different types // Atmos. Ocean. Opt. 2019. V. 32, N 1. P. 72–79.
72. *Антохин П.Н., Аршинов М.Ю., Аршинова В.Г., Белан Б.Д., Давыдов Д.К., Рассказчикова Т.М., Фофанов А.В., Inoue G., Machida T., Shimoyama Ko., Maksutov Sh.Sh.* Изменения концентрации CO<sub>2</sub> на территории Западной Сибири при прохождении атмосферных фронтов в разные сезоны года // Оптика атмосфер. и океана. 2013. Т. 26, № 1. С. 24–31; *Antokhin P.N., Arshinov M.Yu., Arshinova V.G., Belan B.D., Davydov D.K., Rasskazchikova T.M., Fofonov A.V., Inoue G., Machida T., Shimoyama Ko., Maksutov Sh.Sh.* CO<sub>2</sub> concentration variation above the West Siberia area in different seasons during passes of atmospheric fronts // Atmos. Ocean. Opt. 2013. V. 26, N 1. P. 24–31.
73. *Zhang J., Wu L., Huang G., Notaro M.* Relationships between large-scale circulation patterns and carbon dioxide exchange by a deciduous forest // *J. Geophys. Res. D.* 2011. V. 116. DOI: 10.1029/2010JD014738.
74. *García M.A., Sánchez M.L., Pérez I.A., Ozores M.I., Pardo N.* Influence of atmospheric stability and transport on CH<sub>4</sub> concentrations in northern Spain // *Sci. Total Environ.* 2016. V. 550. P. 157–166.
75. *Ordóñez C., Barriopedro D., García-Herrera R., Sousa P.M., Schnell J.L.* Regional responses of surface ozone in Europe to the location of high-latitude blocks and subtropical ridges // Atmos. Chem. Phys. 2017. V. 17, N 4. P. 3111–3131.
76. *Atkinson R., Baulch D.L., Cok R.A., Crowley J.N., Hampson R.F., Hynes R.G., Jenkin M.E., Rossi M.J., Troe J.* Evaluated kinetic and photochemical data for atmospheric chemistry; Volume 1 – gas phase reactions of Ox, HOx, NOx and SOx species // Atmos. Chem. Phys. 2004. V. 4, N 6. P. 1461–1738.

*P.N. Antokhin, O.Yu. Antokhina, V.V. Antonovich, V.G. Arshinova, M.Yu. Arshinov, B.D. Belan, S.B. Belan, D.K. Davydov, N.V. Dudorova, G.A. Ivlev, A.V. Kozlov, D.A. Pestunov, T.M. Rasskazchikova, D.E. Savkin, D.V. Simonenkov, T.K. Sklyadneva, G.N. Tolmachev, A.V. Fofonov.* **Correlation between the dynamics of atmospheric composition and meteorological parameters near Tomsk.**

The interrelationships between the variations in CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, and SO<sub>2</sub> concentrations and the aerosol number density and such meteorological quantities as air temperature, atmospheric pressure, wind direction and speed, global solar radiation and ultraviolet radiation in the range 295–320 nm, relative humidity, and partial pressure of water vapor are studied. For that, we used data on monitoring the air composition (for the period 1993–2018) performed at the TOR-station of IAO SB RAS located in Tomsk.