

ОПТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И БАЗЫ ДАННЫХ ОПТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
ОБ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

УДК 621.373

**Аномалии концентраций малых газовых составляющих
в воздухе европейской части России
и Украины летом 2010 г.**

**А.М. Звягинцев¹, О.Б. Блюм², А.А. Глазкова³, С.Н. Котельников⁴,
И.Н. Кузнецова³, В.А. Лапченко⁵, Е.А. Лезина⁶, Е.А. Миллер¹, В.А. Миляев⁴,
А.П. Попиков⁶, Е.Г. Семутникова⁶, О.А. Тарасова⁷, И.Ю. Шалыгина^{3*}**

¹Государственное учреждение «Центральная аэрологическая обсерватория»
141700, г. Долгопрудный, Московская обл., ул. Первомайская, 3, Россия

²Национальный Ботанический сад им. Н.Н. Грышко НАН Украины
01014, г. Киев, ул. Тимирязевская, 1, Украина

³Государственное учреждение «Гидрометцентр России»
123242, г. Москва, Б. Предтеченский пер., 11–13, Россия

⁴Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН
119991, г. Москва, ул. Вавилова, 38, Россия

⁵Карадагский природный заповедник НАН Украины
98188, г. Феодосия, пгт. Курортное, ул. Науки, 24, АР Крым, Украина

⁶ГПУ «Мосэкомониторинг»

119019, г. Москва, ул. Новый Арбат, д. 11, стр. 1, Россия

⁷Всемирная метеорологическая организация, г. Женева, Швейцария

Поступила в редакцию 21.01.2011 г.

Проанализированы временные ходы концентраций ряда малых газовых составляющих атмосферы в Московском регионе, Кировской области, г. Киеве и Крыму в условиях аномально жаркого лета 2010 г. В июле–августе 2010 г. в Московском регионе в течение примерно 1 мес практически непрерывно наблюдались концентрации озона, взвешенных веществ (PM₁₀), СО и NO_x, превышающие предельно допустимые. Наибольшее загрязнение атмосферы наблюдалось в период 2–11 августа, когда, как и в 2002 г., регион находился в наиболее интенсивном шлейфе от пожаров в лесах и на торфяниках. Уровни загрязнителей атмосферы и, в первую очередь, озона, превышали уровни, обычно наблюдавшиеся в странах Западной Европы в периоды эпизодов с сильным фотохимическим загрязнением атмосферы. Произошедшее загрязнение атмосферы, несомненно, оказало значительное негативное влияние на здоровье жителей региона, приведшее, в частности, к увеличению смертности в первую очередь из-за повышенных концентраций PM₁₀ и озона. В Кировской области, Киеве и Крыму, практически не подвергшихся влиянию пожаров, при близких к московским погодных условиях качество воздуха оставалось, в основном, удовлетворительным.

Ключевые слова: малые газовые составляющие атмосферы, аномальная жара, загрязнение воздуха и смертность, озон, взвешенные частицы; atmospheric trace gases, heat wave, air pollution and mortality, ozone, particulate matter.

Введение

Обычно наблюдаемые концентрации приземного озона в большинстве крупных европейских городов,

а также на сельских и отдаленных станциях, расположенных в умеренных широтах Северного полушария, находятся в диапазоне 30–100 мкг·м⁻³ [1–3]. В период жаркой погоды в малоподвижных воздушных массах нередко возникают эпизоды со значительным фотохимическим загрязнением воздуха в пограничном слое атмосферы, характеризующиеся высокими уровнями озона, опасными для здоровья [4–6]. Впервые эпизоды интенсивного фотохимического загрязнения воздуха были замечены в Лос-Анджелесе в 1940-х гг. и сопровождалась мглой; уровни озона при этом возрастали в несколько раз по сравнению с обычными [7]. Значительные проявления фотохимического загрязнения воздуха в Европе за последние два десятилетия, которые могли существенно повлиять на здоровье населения, имели место летом 2002 г. в Московском регионе [8]

* Анатолий Михайлович Звягинцев (azvyagintsev@cao-rhms.ru); Олег Борисович Блюм (blum@voliacable.com); Анна Александровна Глазкова (artamonova@mecom.ru); Сергей Николаевич Котельников (KotelnikovSN@yandex.ru); Ирина Николаевна Кузнецова (muza@mecom.ru); Владимир Александрович Лапченко (lapchenko@pochta.ru); Елена Александровна Лезина (lezina@mosecom.ru); Евгений Алланович Миллер; Валерий Александрович Миляев (miliaev@kapella.gpi.ru, vmil@bk.ru); Алексей Павлович Попиков (info@mosecom.ru); Евгения Геннадьевна Семутникова (egsemutnikova@mail.ru); Оксана Алексеевна Тарасова (OTarasova@yandex.ru); Ирина Юрьевна Шалыгина (irus_76@mail.ru).

Характеристики станций наблюдений, использованных в работе

Пункт наблюдений	Организация	Северная широта, град	Восточная долгота, град	МГС
Москва	ГПУ «Мосэкомониторинг»	55,7	37,6	O ₃ , PM ₁₀ , CO, NO, NO ₂
Вятские Поляны	ИОФ РАН	56,2	51,1	O ₃
Долгопрудный	ЦАО	55,8	37,6	O ₃
Звенигород	ГПУ «Мосэкомониторинг»	55,7	36,8	O ₃ , CO, NO, NO ₂
Зеленоград	ГПУ «Мосэкомониторинг»	56,0	37,3	O ₃ , PM ₁₀ , CO, NO, NO ₂
Киев	НБС	50,4	30,5	O ₃ , NO, NO ₂
Коктебель	КарПЗ	45,0	35,4	O ₃ , NO, NO ₂
Павловский Посад	ГПУ «Мосэкомониторинг»	55,8	38,7	O ₃ , PM ₁₀ , CO, NO, NO ₂

и 2003 г. в Западной Европе (Великобритания, Франция, Германия и др.) [9–13]. Летом 2010 г. в центре европейской территории России (ЕТР) и в Поволжье на длительное время установился мощный (до высот более 16 км) блокирующий антициклон с сухой и аномально жаркой погодой, во многих регионах ЕТР отмечалась засуха. Такие погодные условия сопровождалась резким повышением концентраций загрязнителей в приземном воздухе. Настоящая статья посвящена сравнительному анализу содержания некоторых малых газовых составляющих атмосферы в приземном слое ряда пунктов центральной части России и Украины в июле–августе 2010 г.

Источники данных

Использованы результаты измерений малых газовых составляющих (МГС) атмосферы в Московском регионе (в первую очередь, данные ГПУ «Мосэкомониторинг» на автоматических станциях контроля загрязнения атмосферы), в Кировской области и двух пунктах наблюдений в Украине (табл. 1).

Аппаратура для наблюдений МГС на станциях ГПУ «Мосэкомониторинг» описана в [14], в частности для измерения концентрации озона использованы УФ-фотометрические газоанализаторы. Концентрации озона на ст. Долгопрудный измеряли с помощью электрохимического газоанализатора [8], на ст. Вятские Поляны — с помощью хемилюминесцентных газоанализаторов 3.02 П-А производства ЗАО «ОПТЭК», в Киеве — с помощью УФ-фотометрического газоанализатора 49i производства «THERMO» (США), в Карадагском природном заповеднике — с помощью хемилюминесцентных газоанализаторов 3.02 П-А и «Лань» (последний — производства Украины). Хемилюминесцентный газоанализатор «Лань» измеряет концентрации как озона, так и оксидов азота. Используются также результаты измерений на метеорологической станции № 27612 (Москва, ВВЦ), радиозондовых измерений на аэрологической ст. Долгопрудный, а также измерений профиля температуры в пограничном слое атмо-

сферы на ст. Долгопрудный с помощью прибора МТП-5 [15].

Результаты наблюдений и их обсуждение

Лето 2010 г. на ЕТР и в Украине оказалось сухим и рекордно жарким, в отдельные дни температура приземного воздуха поднималась до +40 °С. Установившийся на ЕТР блокирующий антициклон стал причиной нетипичного переноса воздушных масс: в Московском регионе вместо обычного для лета северо-западного переноса преобладали ветры юго-восточного сектора (рис. 1), при которых по многолетним осредненным данным характерны повышенные уровни приземного озона [16].

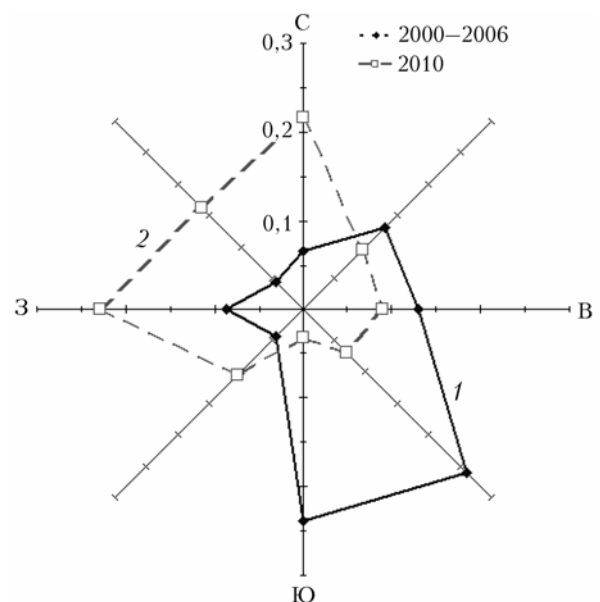


Рис. 1. Розы ветров в пограничном слое атмосферы в Московском регионе в июле–августе 2010 г. на уровне 925 гПа по данным аэрологической ст. Долгопрудный (1) и в 2000–2006 гг. по данным 2-мерных траекторий EMEP (2)

Из-за продолжительной засухи и тридцатиградусной жары почти месяц (с середины июля) на огромных территориях от Московской до Нижегородской области и южнее, как в 1972 и 2002 гг., временами возникали природные пожары. Пожары лесов и торфяников привели к беспрецедентному загрязнению воздуха и переносу продуктов горения на большие расстояния, что было зарегистрировано со спутников. Шлейфы дымов многократно распространились на Московский мегаполис; поступление загрязненного воздуха от близкорасположенных очагов горения (восток Московской области, включая Ногинский район) сопровождалось сильной мглой с уменьшением видимости до 100–200 м, едким запахом гари и, как следствие, резким ухудшением качества воздуха. По совокупности показателей уровней загрязнения несколько дней в Москве и окрестностях наблюдался сильный фотохимический смог.

В табл. 2 представлены предельно допустимые концентрации (ПДК) рассматриваемых загрязнителей воздуха, установленные в различных странах.

В России и других странах СНГ качество воздуха принято оценивать по разовым концентрациям – средним за 20–30 мин [17] (в табл. 2 использовано значение 0,4 ч). Ход наблюдаемых на станциях ГПУ «Мосэкомониторинг» максимальных разовых концентраций важнейших загрязнителей, характеризующих качество воздуха в Москве в период, когда наблюдались его наибольшие загрязнения, показан на рис. 2.

Необходимо подчеркнуть, что приведенные на рис. 2 концентрации – это максимальные, наблюдаемые на одной из станций ГПУ «Мосэкомониторинг»; средние по всем станциям концентрации, как правило, в 1,3–3 раза меньше.

Если PM_{10} , CO и NO_x ($NO_x = NO + NO_2$) являются первичными загрязнителями атмосферы, так как превышения ПДК по этим соединениям почти всегда связаны с прямыми выбросами из антропогенных источников, то озон называют вторичным загрязнителем, поскольку в концентрациях, выше предельно допустимых, он образуется в результате фотохимических реакций с участием NO_x и летучих

Таблица 2

Предельно допустимые концентрации ($мкг \cdot м^{-3}$) основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в России, Всемирной организации здравоохранения, Европейском союзе и США

Вещество	Класс опасности	Россия	ВОЗ	Европейский Союз	США
O ₃	1	160/0,4 ч	100/8 ч	180/1 ч*; 240/1 ч**	150/8 ч
		500/0,4 ч;	50/24 ч;		
PM ₁₀	3	150/24 ч	20/1 год	50/24 ч	150/24 ч
CO	4	5000/0,4 ч	10000/8 ч	10000/8 ч	10000/8 ч; 40000/1 ч
NO	3	400/0,4 ч			
NO ₂	2	200/0,4 ч	200/1 ч	200/1 ч	100/1 год

* Информационный порог (власти обязаны оповестить население через СМИ);
** порог тревоги (власти обязаны предпринять меры, направленные на уменьшение уровня озона в приземном воздухе). После знака «/» указано время усреднения.

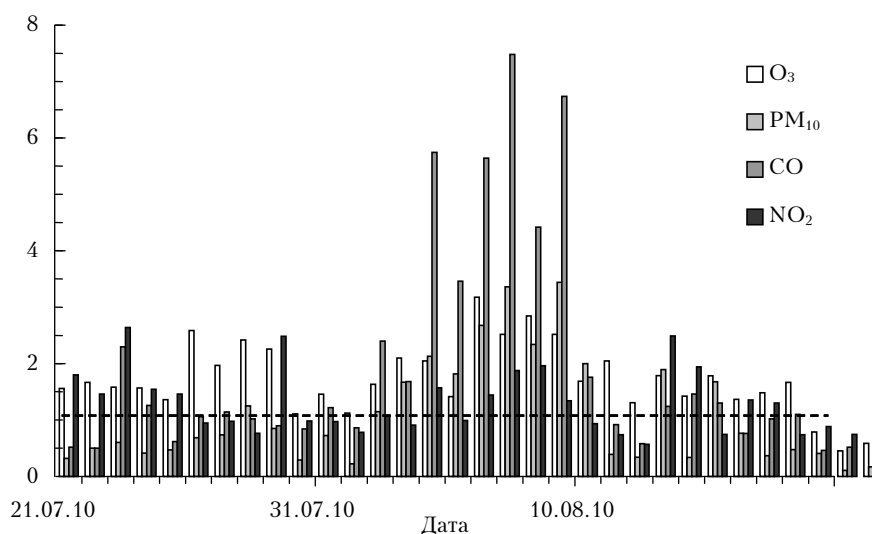


Рис. 2. Временной ход отношений максимальных разовых концентраций малых газовых составляющих, зарегистрированных станциями ГПУ «Мосэкомониторинг», к соответствующим предельно допустимым концентрациям

органических соединений и/или СО [7]. Степень опасности загрязнителей атмосферы для здоровья определяется классом их опасности. Согласно ГОСТ 12.1.007-76 (1999) «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» озон входит в класс чрезвычайно опасных веществ (вместе с 3,4-бенз(а)пиреном, тетраэтилсвинцом, ртутью, фосгеном и др.). Из приведенных в табл. 2 веществ наиболее опасным для здоровья считается озон. Например, наибольшее число случаев признания качества воздуха неудовлетворительным в США и Западной Европе приходится на озон и взвешенные частицы (PM₁₀) [18]. В связи с этим основное внимание в дальнейшем изложении уделяется повышенным концентрациям озона. Согласно статистике, накопленной в ЦАО за период 1991–2009 гг., практически всегда необходимыми метеорологическими условиями для наблюдений разовых концентраций озона, превышающих ПДК, являются температура выше 28 °С, относительная влажность менее 50% и скорость ветра в приземном слое не более 3 м · с⁻¹.

По данным ст. Долгопрудный начиная с 19 июля средние за 8 ч концентрации приземного озона в течение почти 30 дней превышали 120 мкг · м⁻³. По данным метеорологической ст. Москва (индекс 27612) мгла в этот период наблюдалась 20 сут, причем с 3 по 10 августа непрерывно. Самый сильный смог зафиксирован 6–8 августа. Наибольшая разовая концентрация озона на ст. Долгопрудный наблюдалась 6 августа – 344 мкг · м⁻³, а на ст. Зеленоград-15 (в 40 км на северо-запад от Москвы) – 508 мкг · м⁻³. Следует отметить, что максимальные концентрации приземного озона в различные дни наблюдались на различных станциях: хотя около половины рассмотренных дней они регистрировались на ст. Зеленоград-15, но они отмечались как на юго-востоке Москвы (Косино), так и на западе (ул. Туристская). Причиной наблюдений наибольших концентраций озона на ст. Зеленоград-15 является, по-видимому, то обстоятельство, что наибольшие концентрации озона образуются фотохимически с подветренной стороны от основных источников загрязнений [19].

До нынешнего года максимальная разовая концентрация озона в Московском регионе наблюдалась во время лесных и торфяных пожаров в 2002 г. – 276 мкг · м⁻³ (на Дальнем Востоке было зарегистрировано даже 460 мкг · м⁻³) [18]. В центре Москвы 6 августа зарегистрирована максимальная разовая концентрация СО 28 мг · м⁻³, а 7 августа – 37 мг · м⁻³ (в 5–8 раз выше ПДК); также наблюдались многократные превышения критических уровней NO, NO₂ и PM₁₀. Коэффициент корреляции между максимальными разовыми концентрациями СО и PM₁₀, зарегистрированными на станциях ГПУ «Мосэкомониторинг» (см. рис. 2) в период 19 июля – 19 августа, составил 0,88 (а между средними по всем станциям ГПУ «Мосэкомониторинг» – даже 0,975), что указывает на их преимущественно общий источник. Этим источником, несомненно, явились пожары, влияние которых на Московский регион можно бы-

ло отчетливо наблюдать по снимкам со спутников уже с середины июля.

Загрязненные продуктами горения воздушные массы перемещались по Центральной России, не пересекая западных границ (по периферии антициклона). На качество воздуха в Вятских Полянах, Киеве и Крыму пожары в центральных областях России влияния не оказали (рис. 3).

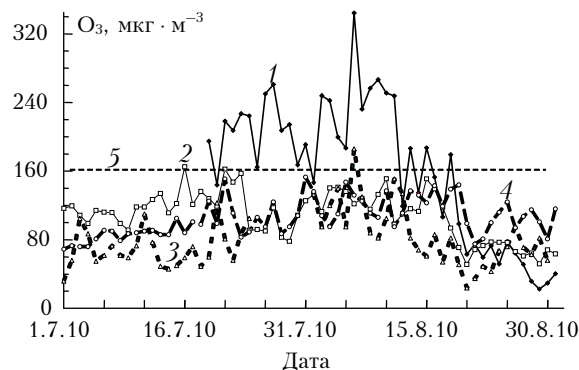


Рис. 3. Временной ход максимальных суточных средних за 1 ч концентраций приземного озона на ст. Долгопрудный (1), Киев (2), Вятские Поляны (3) и Карадагский природный заповедник (4). Прямой (5) изображен уровень разовой предельно допустимой концентрации озона

Содержание примесей в приземном воздухе в Украине и в г. Вятские Поляны Кировской области определялось местными эмиссиями и метеорологическими условиями: короткие эпизоды повышения температуры выше +35 °С сопровождалась сменой воздушных масс и дождями. В Киеве, Крыму и Кировской области концентрации приземного озона и NO_x в период высоких температур лишь ненамного превышали обычные уровни.

В Московском регионе продукты горения резко ухудшили качество воздуха за счет эмиссий PM₁₀ и вторичных загрязнений. Известно [20, 21], что продукты, образующиеся при пожарах естественных угодий, могут привести к появлению высоких концентраций озона на обширных территориях. Указания на причины образования чрезвычайно высоких концентраций озона в Московском регионе могут быть получены из сопоставления временных ходов приземного озона, СО, температуры и ее градиента в пограничном слое атмосферы в период до пожаров и в процессе их воздействия (рис. 4 и 5).

Период, когда регион испытывал существенное воздействие пожаров (с 4 по 9 августа), хорошо заметен по увеличению концентраций СО и PM₁₀ на рис. 2 и 4 (особенно при сравнении концентраций СО на рис. 4). Из рис. 4 также видно, что если до 26 июля ход СО в светлое время суток обратен ходу озона (что связано с суточным ходом эмиссий и вертикальным распределением СО в атмосфере), как это имеет место в средних многолетних данных [20, 22], то начиная с 26 июля утренний максимум концентрации СО сместился к полудню, ближе к максимуму озона (в период максимального задымления 6 и 7 августа максимум концентрации СО наблюдался около 13 ч московского летнего времени).

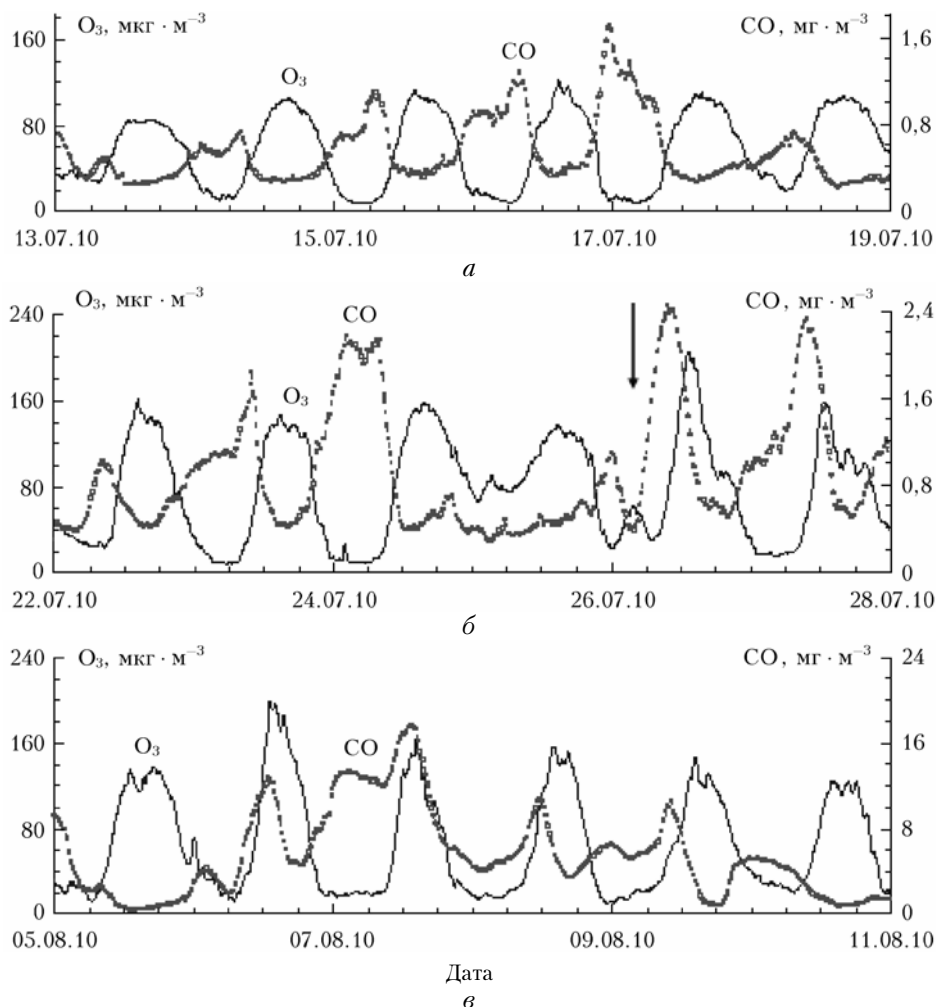


Рис. 4. Временной ход разовых концентраций приземного озона и CO, усредненных по станциям ГПУ «Мосэкомониторинг». Стрелкой показано начало воздействия пожаров

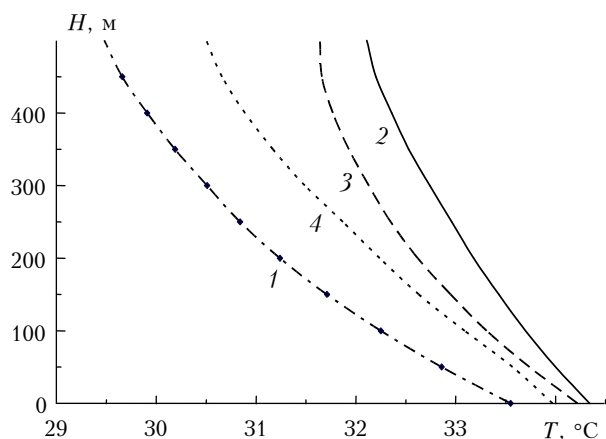


Рис. 5. Вертикальное распределение температуры в нижнем 500-м слое тропосферы в 14:00 местного времени (вблизи суточного максимума температуры) на ст. Долгопрудный: 1 – 05.08, 2 – 06.08, 3 – 07.08, 4 – 08.08.10

В светлое время суток накоплению предшественников озона в нижней тропосфере и, следовательно, фотохимическим процессам генерации озона препятствует вертикальное перемешивание воздуха (вслед-

ствие конвекции), интенсивность которого прямо зависит от абсолютной величины градиента температуры.

Максимальная разовая концентрация озона практически на всех станциях Московского региона зарегистрирована 6 августа (см. рис. 2–4), когда днем наблюдался наименьший в рассматриваемый период вертикальный градиент температуры (для нескольких соседних дней это утверждение проиллюстрировано на рис. 5), а значит, и шло наименее интенсивное вертикальное перемешивание воздуха. Это способствовало накоплению предшественников озона в пограничном слое атмосферы и более интенсивной фотохимической генерации озона. На следующий день вертикальное перемешивание воздуха заметно возросло и дневной максимум концентрации озона стал меньше, хотя уровень CO и повысился. Подобные случаи наблюдения максимальных концентраций озона при ослабленном вертикальном перемешивании воздуха в пограничном слое имели место в Московском регионе в 1999 и 2002 гг. [8, 23].

С 19 июля по 16 августа 2010 г. на ст. Долгопрудный зарегистрированы 24 дня, когда концентрация озона превысила российские нормативы, в том

числе в 22 из них был превышен информационный порог ЕС и в 8 – порог тревоги ЕС. Таких концентраций не наблюдалось даже в Западной Европе во время «тепловой волны» в августе 2003 г., когда, по данным [24–26], в странах ЕС только от высоких концентраций озона преждевременно скончались несколько сотен человек.

В связи с отсутствием специальной статистики, по методике оценки рисков, используемой Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) [27], нами рассчитано число дополнительных случаев общей смертности, к которым могло привести повышенное загрязнение окружающей среды в Москве летом 2010 г. Считается, что «увеличение ежедневной смертности в диапазоне 0,3–0,5% происходит на каждые $10 \text{ мкг} \cdot \text{м}^{-3}$ прироста концентрации в усредненной за 8 часов концентрации выше расчетного базисного уровня $70 \text{ мкг} \cdot \text{м}^{-3}$ » [27]. Исходя из среднесуточного числа смертей в Москве (380 чел.) (данные Росстата) и хода средней за 8 ч концентрации озона, наблюдавшейся на ст. Долгопрудный, получим, что в период с 19 июля по 19 августа добавочная смертность населения только в Москве за счет повышенных концентраций озона могла составить от 340 до 570 чел., что близко к аналогичным показателям для западноевропейских стран летом 2003 г. [24–26]. Еще большую долю в повышение смертности летом 2010 г. могли внести высокие концентрации PM_{10} . Согласно [27] среднесуточная «концентрация (PM_{10}) $150 \text{ мкг} \cdot \text{м}^{-3}$ может соответствовать примерно 5% увеличению ежедневной смертности, ..., а уровень, составляющий $100 \text{ мкг} \cdot \text{м}^{-3}$, ассоциируется с приблизительно 2,5% увеличением ежедневной смертности». Соответствующий расчет, использующий среднесуточные концентрации, средние по всем наблюдательным станциям ГПУ «Мосэкомониторинг», приводит приблизительно к 930 дополнительным случаям общей смертности, причем приблизительно 690 из них – в период с 4 по 9 августа. Эти оценки дополнительных случаев смертности в Москве летом 2010 г. значительно выше, чем рассчитанные за период тепловой волны в центре ЕТР в 2002 г. [28].

Заключение

В течение июля–августа 2010 г. в Московском регионе в течение примерно 1 мес наблюдались концентрации озона, PM_{10} , CO и NO_x , превышающие ПДК. Наиболее высокие концентрации основных загрязнителей атмосферы (озона и PM_{10}) наблюдались в период 4–9 августа, когда, как и в 2002 г., регион находился в интенсивном шлейфе пожаров лесов и торфяников. Максимальные концентрации озона наблюдались 6 августа при сильно ослабленном вертикальном перемешивании. В период сильно го задымления заметно изменился суточный ход CO и выросли концентрации озона, PM_{10} и CO. Уровни концентрации загрязнителей атмосферы и, в первую очередь озона, существенно превышали уровни, обычно регистрируемые в странах Западной Евро-

пы даже в период эпизодов с высоким фотохимическим загрязнением атмосферы, и, несомненно, оказали значительное негативное влияние на здоровье жителей региона, приведя, в частности, к увеличению смертности в первую очередь из-за повышенных концентраций PM_{10} и озона. В Кировской области, Киеве и Крыму, практически не подвергшихся влиянию пожаров, при погодных условиях, близких к московским, качество воздуха оставалось, в основном, удовлетворительным.

Работа выполнена при частичной поддержке проектов РФФИ № 11-05-01144-а и 11-05-91061-НЦНИ_а.

1. Fiore A.M., Jacob D.J., Bey I., Yantosca R.M., Field B.D., Fusco A.C., Wilkinson J.G. Background ozone over the United States in summer: origin, trend, and contribution to pollution episodes // *J. Geophys. Res. D.* 2002. V. 107, N 15. doi: 10.1029/2001JD000982.
2. Vingarzan R. A review of surface ozone background levels and trends // *Atmos. Environ.* 2004. V. 38, N 21. P. 3431–3442.
3. Tarasova O.A., Breninkmeijer C.A.M., Joeckel P., Zvyagintsev A.M., Kuznetsov G.I. A climatology of surface ozone in the extra tropics: cluster analysis of observations and model results // *Atmos. Chem. Phys.* 2007. V. 7, N 4. P. 6099–6117.
4. *Air Quality Criteria for Ozone and Related Photochemical Oxidants.* Volume I. U.S. EPA, Washington, D.C., EPA/600/R-05/004aF. 2006. 821 p.
5. Белан Б.Д. Тропосферный озон. 1. Свойства и роль в природных и техногенных процессах // *Оптика атмосф. и океана.* 2008. Т. 21, № 4. С. 299–322.
6. Чушалин А.М., Яковлева О.А., Миляев В.А., Котельников С.Н. Ядовитый озон // *Территория и планирование.* 2007. № 2(9). 5 с.
7. Исидоров В.А. Органическая химия атмосферы. СПб.: Химиздат, 2001. 352 с.
8. Звягинцев А.М., Беликов И.Б., Егоров В.И., Еланский Н.Ф., Крученицкий Г.М., Кузнецова И.Н., Николаев А.Н., Обухова З.В., Скорород А.И. Положительные аномалии приземного озона в июле–августе 2002 г. в Москве и ее окрестностях // *Изв. РАН. Физ. атмосф. и океана.* 2004. Т. 40, № 1. С. 75–86.
9. Fiola J., Cernikovskiy L., de Leeuw F., Kurfuerst P. Air pollution by ozone in Europe in summer 2003. Overview of exceedances of EC ozone threshold values during the summer season April–August 2003 and comparisons with previous years: Topic report 3/2003. European Environ. Agency. Copenhagen, 2003. 33 p.
10. Hjellbrekke A.-G., Solberg S. Ozone measurements 2003 - EMEP/CCC-Report 4/2005. Norway: NILU, 2005. 102 p.
11. Ordonez C., Elquindi N., Stein O., Huijnen V., Fleming J., Inness A., Flentje H., Katragkou E., Moinat P., Peuch V.-H., Segers A., Thouret V., Athier G., van Weele M., Zerefos C.S., Cammas J.-P., Schultz M.G. Global model simulations of air pollution during the 2003 European heat wave // *Atmos. Chem. Phys.* 2010. V. 10, N 2. P. 789–815.
12. Solberg S., Hov O., Soevde A., Isaksen I.S.A., Coddeville P., De Backer H., Forster C., Orsolini Y.J., Uhse K. European surface ozone in the extreme summer 2003 // *J. Geophys. Res.* 2008. V. 113. D07307. doi: 10.1029/2007JD009098.
13. Tressol M., Ordonez C., Zbinden R., Brioude J., Thouret V., Mari C., Nédélec P., Cammas J.-P., Smit H.,

- Patz H.-W., Volz-Thomas A.* Air pollution during the 2003 European heat wave as seen by MOZAIC airliners // *Atmos. Chem. Phys.* 2008. V. 8, N 8. P. 2133–2150.
14. *Гориаков Г.И., Семутникова Е.Г., Зоткин Е.В., Карпов А.В., Лезина Е.А., Ульяненко А.В.* Вариации газовых компонент загрязнения в воздушном бассейне г. Москвы // *Изв. РАН. Физ. атмосфер. и океана.* 2006. Т. 42, № 2. С. 176–190.
 15. *Кадыгров Е.Н.* Микроволновая радиометрия атмосферного пограничного слоя – метод, аппаратура, результаты измерений // *Оптика атмосфер. и океана.* 2009. Т. 22, № 7. С. 697–704.
 16. *Звягинцев А.М., Какаджанова Г., Тарасова О.А.* Влияние направлений переноса на сезонный ход концентраций малых газовых составляющих атмосферы в Европе // *Метеорол. и гидрол.* 2010. № 7. С. 18–28.
 17. *Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» (с дополнениями и изменениями № 2 ГН 2.1.6.1983-05).*
 18. *Демин В.И., Звягинцев А.М., Кузнецова И.Н.* О действующих в Российской Федерации нормативах по содержанию озона в атмосферном воздухе // *Экология человека.* 2009. № 1. С. 4–8.
 19. *Sillman S.* The relation between ozone, NO_x and hydrocarbons in urban and polluted rural environments // *Atmos. Environ.* 1999. V. 33, N 12. P. 1821–1845.
 20. *Morris G.A., Hersey S., Thompson A.M., Pawson S., Nielsen J.E., Colarco P.R., McMillan W.W., Stohl A., Turquetly S., Warner J., Johnson B.J., Kucsera T.L., Larko D.E., Oltmans S.J., Witte J.C.* Alaskan and Canadian forest fires exacerbate ozone pollution over Houston, Texas, on 19 and 20 July 2004 // *J. Geophys. Res.* 2006. V. 111. P. D24S03. doi: 10.1029/2006JD007090.
 21. *Stohl A., Berg T., Burkhardt J.F., Fjaeraa A.M., Forster C., Herber A., Hov O., Lunder C., McMillan W.W., Oltmans S., Shiobara M., Simpson D., Solberg S., Stebel K., Stroem J., Torseth K., Treffeisen R., Virkkunen K., Yttri K.E.* Arctic smoke – record high air pollution levels in the European Arctic due to agricultural fires in Eastern Europe in spring 2006 // *Atmos. Chem. Phys.* 2007. V. 7. P. 511–534; www.atmos-chem-phys.net/7/511/2007/
 22. *Звягинцев А.М., Какаджанова Г., Тарасова О.А.* Изменчивость приземного озона и других малых газовых составляющих атмосферы в мегаполисе и сельской местности // *Оптика атмосфер. и океана.* 2010. Т. 23, № 1. С. 32–37.
 23. *Звягинцев А.М., Кузнецова И.Н.* Изменчивость приземного озона в окрестностях Москвы: результаты десятилетних регулярных наблюдений // *Изв. РАН. Физ. атмосфер. и океана.* 2002. Т. 38, № 4. С. 486–495.
 24. *Fischer P., Brunekreef B., Lebret E.* Air pollution related deaths during the 2003 heat wave in the Netherlands // *Atmos. Environ.* 2004. V. 38, N 8. P. 1083–1085.
 25. *Filleul L., Cassadou S., Médina S., Fabres P., Lefranc A., Eilstein D., Le Tertre A., Pascal L., Chardon B., Blanchard M., Declercq C., Jusot J.-F., Prouvost H., Lédrans M.* The relation between temperature ozone and mortality in nine French cities during the heat wave of 2003 // *Environ. Health Perspect.* 2006. V. 114, N 9. P. 1344–1347.
 26. *Stedman J.R., Kent A.J.* An analysis of the spatial patterns of human health related surface ozone metrics across the UK in 1995, 2003, and 2005 // *Atmos. Environ.* 2008. V. 42, N 8. P. 1702–1716.
 27. *Air Quality Guidelines: Global Update 2005.* Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO. 2006. 484 p.
 28. *Ревуц Б.А.* Изменение климата и угроза здоровью населения России: Россия в окружающем мире-2004 (аналитический ежегодник под ред. Н.Н. Марфенина). М.: Модус-К-Этерна, 2005. С. 62–80.

A.M. Zvyagintsev, O.B. Blum, A.A. Glazkova, S.N. Kotelnikov, I.N. Kuznetsova, V.A. Lapchenko, E.A. Lezina, E.A. Miller, V.A. Miliaev, A.P. Popikov, E.G. Semutnikova, O.A. Tarasova, I.Yu. Shalygina.
Anomalies of trace gases in air of the European part of Russia and Ukraine in summer, 2010.

Time series of concentrations of some trace gases in Moscow and Kirov Regions, Kiev and Crimea under conditions of the anomalous hot summer of 2010 were analyzed. During July–August, 2010, concentrations of ozone, particulate matter (PM₁₀), carbon monoxide and nitrogen oxides in the Moscow Region almost continuously exceeded national ambient air quality standards. The most pollution was observed in August 2–11, when some vast plumes of fires of forests and peatbogs covered the region. Pollutant concentrations, at the first place, ozone, exceeded ones observed in the West Europe during heat wave of 2003. They influenced on the citizen health increasing mortality and morbidity, firstly, due to high concentrations of PM₁₀ and ozone. Air quality in the Kirov Region, Kiev and Crimea, which weren't covered by fire plumes, was quite satisfactory although their weather conditions were similar to Moscow ones.