

УДК 504.054; 551.513.22; 551.588.6

Аномальные пожары 2010 и 2012 гг. на территории России и поступление черного углерода в Арктику

А.А. Виноградова¹, Н.С. Смирнов², В.Н. Коротков^{2*}

¹Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН
119017, г. Москва, Пыжевский пер., 3

²Институт глобального климата и экологии Росгидромета и Российской академии наук
107258, г. Москва, ул. Глебовская, 20Б

Поступила в редакцию 21.01.2016 г.

Выполнены модельные оценки концентраций черного углерода (black carbon – BC) в воздухе разных районов Российского Севера в условиях максимальных природных пожаров летом 2010 и 2012 гг. на территории России. Данные Рослесхоза РФ о площадях пожаров по субъектам РФ (за 2000–2013 гг. по месяцам) обработаны с учетом качества горючего материала и различных типов пожаров. Расчеты формирующихся атмосферных концентраций BC в северных районах проведены с использованием метода статистики обратных траекторий для Кольского полуострова, юго-востока Архангельской области, Ненецкого, Гыданского и Усть-Ленского заповедников.

Показано, что специфические условия циркуляции в атмосфере, сопутствующие экстремально сильным пожарам, могут способствовать снижению в это время эффективности переноса атмосферных примесей в арктические районы. На северо-западе Европейской России (Кольский полуостров) и в районе Усть-Ленского заповедника концентрации BC в воздухе в среднем незначительны, на северо-востоке Европы (район Ненецкого заповедника) наибольшее загрязнение воздуха эмиссиями BC от пожаров. На северо-западе Сибири (район Гыданского заповедника) преобладает, наоборот, антропогенный BC. Сильные пожары в Сибири и Якутии могут на порядок повысить летнее загрязнение воздуха черным углеродом на севере Азиатской России.

Приведенные результаты могут быть использованы для качественных оценок и сопоставительного анализа климатических и экологических условий в разных районах Российской Арктики.

Ключевые слова: черный углерод, сажа, природные пожары, эмиссии с территории России, дальний атмосферный перенос, Арктика; black carbon, soot, nature forest fires, Russian BC emissions, long-range atmospheric transport, the Arctic.

Введение

Природные пожары – это почти неуправляемое горение биомассы, которое может оказывать существенное влияние на состав приземной атмосферы не только в региональном, но и в глобальном масштабах [1–3]. Пожары на территории России – ежегодное явление, учет которого необходим для корректных оценок и прогнозов экологических и климатических условий в различных регионах. Пожары приводят к нарушениям экосистем [2], влияют на состояние здоровья населения [4] и на различные сферы экономики [1, 3, 5].

Изменение климата Земли в последние годы проявляется в более частом возникновении аномальных природных явлений и в повышении их экстремальности [5]. Например, на территории Северной Евразии теплые сезоны нескольких последних лет отмечены аномальной жарой и, как следствие, силь-

ными пожарами в различных регионах. В работах [6, 7] показано, что возникновение таких эффектов взаимосвязано с изменением режима циркуляции атмосферы.

При открытом горении биомассы в атмосферу поступает большое число различных органических и неорганических веществ, активно участвующих в химических процессах, что может заметно изменить состав и физические свойства атмосферы [1, 8]. Одним из продуктов неполного сгорания углеродсодержащих веществ является черный углерод (black carbon – BC). Оценки атмосферных эмиссий BC с территории России весьма неоднозначны, что связано с различной степенью достоверности как самой информации, на которой они основаны (инвентаризация источников, данные спутников), так и результатов применения различных подходов к обработке этой информации. Аэрозоль (как правило, субмикронного размера), содержащий BC, является короткоживущей климатически значимой составляющей (Short Lived Climate Forcer – SLCF), влияющей на радиационный баланс атмосферы [8, 9]. BC не только поглощает солнечную энергию и излучает инфракрасную (тепловую) радиацию, но и, выпадая

* Анна Александровна Виноградова (avinograd@yandex.ru); Николай Сергеевич Смирнов (smns-80@rambler.ru); Владимир Николаевич Коротков (korotkovv@list.ru).

на подстилающую поверхность, уменьшает ее альбедо. Последний эффект наиболее значим для радиационных процессов в нижней тропосфере над территориями, покрытыми снегом и льдом (полярные области и горные районы), значение альбедо которых близко к единице. Уязвимость арктических районов и их значимость для формирования климата Земли неоднократно акцентировались климатологами [1]. Около половины побережья и приблизительно треть акватории Северного Ледовитого океана относится к территории России, делая нашу страну (с ее атмосферными эмиссиями) одним из важнейших источников, формирующих состав и свойства окружающей среды высоких широт Северного полушария.

Все вышесказанное обуславливает важность и актуальность изучения процессов атмосферного переноса ВС в арктические районы в условиях аномально сильных пожаров, необходимость сравнения вкладов сильных и нормальных пожаров с антропогенными вкладами в концентрацию ВС в воздухе Арктики. В работе [10], где обсуждалось воздействие пожаров в Сибири и Якутии на арктические территории Азии, было показано, что в среднем в начале XXI в. годовые антропогенные вклады ВС в Арктику при атмосферном переносе преобладали над вкладами пожаров. Настоящая статья является логическим продолжением этих исследований. Изучаются ситуации аномально сильных пожаров на европейской (ЕТР) и азиатской (АТР) территориях России в 2010 и 2012 г. соответственно, а также их влияние на концентрации ВС в воздухе ряда пунктов в арктических районах вдоль побережья Северного Ледовитого океана – от Кольского полуострова до дельты р. Лена.

Исходные материалы и методы

Данные Рослесхоза РФ [11] о площадях, пройденных пожарами, для регионов (субъектов) РФ за 2000–2013 гг. обрабатывались с учетом разных типов пожаров и растительности (подробнее см. [12]). По этим 14 годам рассчитывались средние годовые и летние эмиссии ВС от пожаров. Распределение пожарных эмиссий ВС на сетке $1^\circ \times 1^\circ$ выполнено аналогично [10]. Рассматривается территория России в пределах ($52\text{--}70^\circ$ с.ш., $20\text{--}180^\circ$ в.д.), которая охватывает 94% площади страны. Перенос ВС на субмикронных аэрозольных частицах с более южных территорий в арктические районы пренебрежимо мал. Тот же подход применен для отдельных месяцев при рассмотрении летних максимальных природных пожаров на ЕТР в 2010 г. и АТР в 2012 г.

При вычислении атмосферных концентраций ВС в северных районах использовался метод статистики обратных траекторий [13], рассчитанных по модели HYSPLIT (<http://www.arl.noaa.gov/ready>). Рассматривались пять условных «пунктов наблюдений» в Российской Арктике: на Кольском полуострове (Кол – 67° с.ш., 38° в.д.), юго-востоке Архангельской обл. (Арх – 62° с.ш., 48° в.д.), в Ненецком (НЗ – $68,5^\circ$ с.ш., $53,5^\circ$ в.д.), Гыданском (ГЗ – $72,4^\circ$ с.ш., $76,7^\circ$ в.д.) и Усть-Ленском (УЛЗ – $72,5^\circ$ с.ш.,

$125,5^\circ$ в.д.) природных заповедниках. Модельное описание распространения ВС в атмосфере и сопутствующие проблемы подробно рассмотрены в [13, 14]. Эффективность атмосферного переноса ВС от каждой ячейки к пункту наблюдений оценивалась с помощью функции чувствительности к потенциальным источникам Z , величина которой определяется не только осаждением примеси на поверхность, но зависит также от характеристик атмосферы по пути переноса (высота слоя перемешивания, осадки), от длины пути и длительности переноса. В данном исследовании рассматриваются не только средние распределения Z за 10 лет (2001–2010 гг.), но и отдельные распределения для летних сезонов 2010 и 2012 гг.

Антропогенные вклады в атмосферные концентрации ВС в тех же пяти пунктах наблюдений рассчитывались по результатам работы [15], где годовые эмиссии ВС в атмосферу за 2010 г. от стационарных антропогенных источников и транспорта были оценены и распределены по той же территории России на сетке $1^\circ \times 1^\circ$. При рассмотрении сезонных эффектов предполагалось постоянство антропогенных эмиссий в течение года.

Результаты и их обсуждение

Эмиссии ВС. Межгодовые различия летних эмиссий ВС от пожаров на рассматриваемой территории и экстремальность выбросов летом 2010 г. на ЕТР и 2012 г. на АТР хорошо видны на рис. 1. Сводка данных по антропогенным и пожарным эмиссиям ВС с территории России приведена в таблице. В среднем за рассматриваемые годы начала XXI в. антропогенные эмиссии ВС за год больше годовых эмиссий от пожаров. Однако летом 2010 г. на ЕТР средняя эмиссия ВС от пожаров за месяц была почти в 20 раз больше, чем в среднее лето, приближаясь к средней эмиссии от пожаров за год. Аналогично летом 2012 г. на АТР средняя эмиссия ВС от пожаров за месяц была в 4 с лишним раза больше, чем в среднее лето, превышая среднюю годовую эмиссию от пожаров.

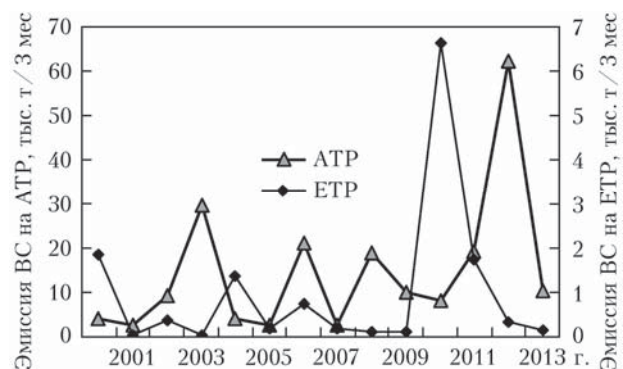


Рис. 1. Межгодовая изменчивость эмиссий ВС в атмосферу от природных пожаров за три летних месяца с азиатской и европейской территорий России севернее 52° с.ш.

На рис. 2, а и 3, а представлены пространственные распределения аномалий летних эмиссий ВС

Эмиссия ВС в атмосферу (тыс. т). Выделены сравнимые в тексте величины

Территория	Антропогенная эмиссия	Пожары			
	Средняя за год/месяц	Средняя за год	Средняя летняя за месяц	Лето 2010 г. за месяц	Лето 2012 г. за месяц
ЕТР	81/6,7	2,7	0,12	2,14	0,06
АТР	140/11,7	27,5	6,76	6,74	30,47
Сумма	221/18,4	30,2	6,88	8,88	30,53

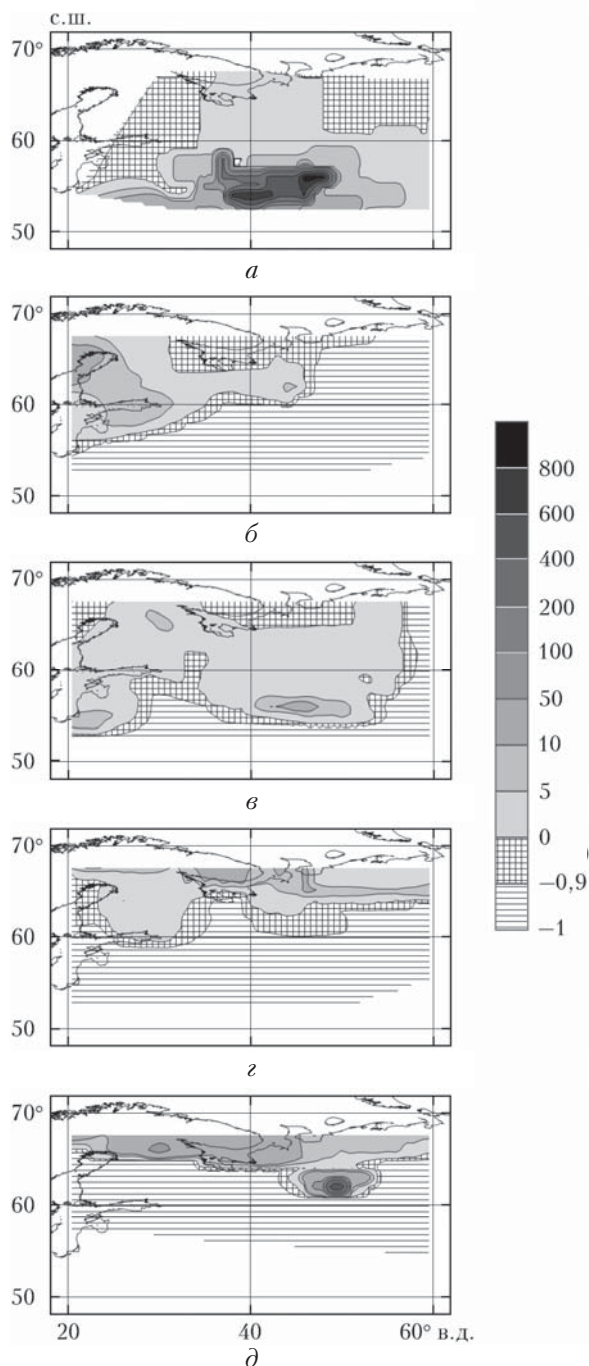


Рис. 2. Пространственные распределения по рассматриваемой части ЕТР относительных аномалий летом 2010 г. (по сравнению со средними летними значениями за 2001–2013 гг. в каждой ячейке): эмиссии ВС (а) и функция Z чувствительности к эмиссиям примесей, переносимых в атмосфере к рассматриваемым пунктам – Кол (б), Арх (в), НЗ (г), ГЗ (д). Черно-белая шкала одинаковая, безразмерная

от пожаров в 2010 и 2012 гг., рассчитанные для каждой ячейки как относительные безразмерные величины по отношению к средним (за 14 лет) летним значениям. На рис. 2 вообще не показана азиатская территория, поскольку аномалии эмиссий в 2010 г. там были в пределах обычных межгодовых различий. На рис. 2, а хорошо видна сравнительно небольшая область локализации самых сильных пожаров на ЕТР в 2010 г. Наоборот, в 2012 г. аномальными пожарами была охвачена огромная площадь в Сибири и Якутии (рис. 3, а и подробнее в [10]).

Чувствительность к эмиссиям примесей и циркуляция атмосферы. Распределения аналогично рассчитанных относительных аномалий функции Z на рис. 2 и 3 показывают изменения эффективности атмосферного переноса ВС к пунктам наблюдений, которые связаны с возникновением специфических режимов циркуляции атмосферы летом 2010 и 2012 гг. по сравнению со средним за 10 лет (2001–2010 гг.) [10, 16]. Для пунктов, где не сказывались пожары 2010 г. (УЛЗ) и 2012 г. (Кол и Арх), аномалии Z не приведены. Не показаны также аномалии Z на ЕТР для пунктов ГЗ и УЛЗ, в которых практически не сказывается атмосферный перенос примесей с европейских территорий [13].

Сопоставляя распределения аномалий Z и эмиссий ВС (на каждом из рис. 2 и 3 в отдельности), можно видеть, что во многих районах максимальные положительные аномалии эмиссии ВС соответствуют отрицательным аномалиям функции Z . Следовательно, в годы максимальных пожаров эффективность переноса примесей из этих районов на север России ослаблялась. Такое ослабление переноса ВС из районов максимальных пожаров в центре ЕТР 2010 г. к пунктам Кол, НЗ и ГЗ (рис. 2, б, г и д) происходило летом.

Рассматриваемая точка в Архангельской обл. была выбрана заведомо южнее всех других. В результате этот пункт летом 2010 г. попал в область циркуляции воздушных масс, загрязненных пожарами (ср. рис. 2, а и в), что соответствует результатам [7].

Пункт НЗ находится под воздействием воздушных масс из ЕТР и АТР (рис. 3, б), но летом 2012 г., когда увеличилась эффективность заноса примесей к этому пункту с европейских территорий, на них как раз были минимальные пожары (рис. 3, а). Поэтому летом 2012 г. концентрация ВС в районе НЗ должна быть меньше средней летней.

Летом 2012 г. на содержании ВС в атмосфере в районе ГЗ (рис. 3, в) могли сказаться пожары только в самых северных районах Западной Сибири. А вот в районе УЛЗ (рис. 3, г) положительные аномалии функции Z приходится как раз на территории

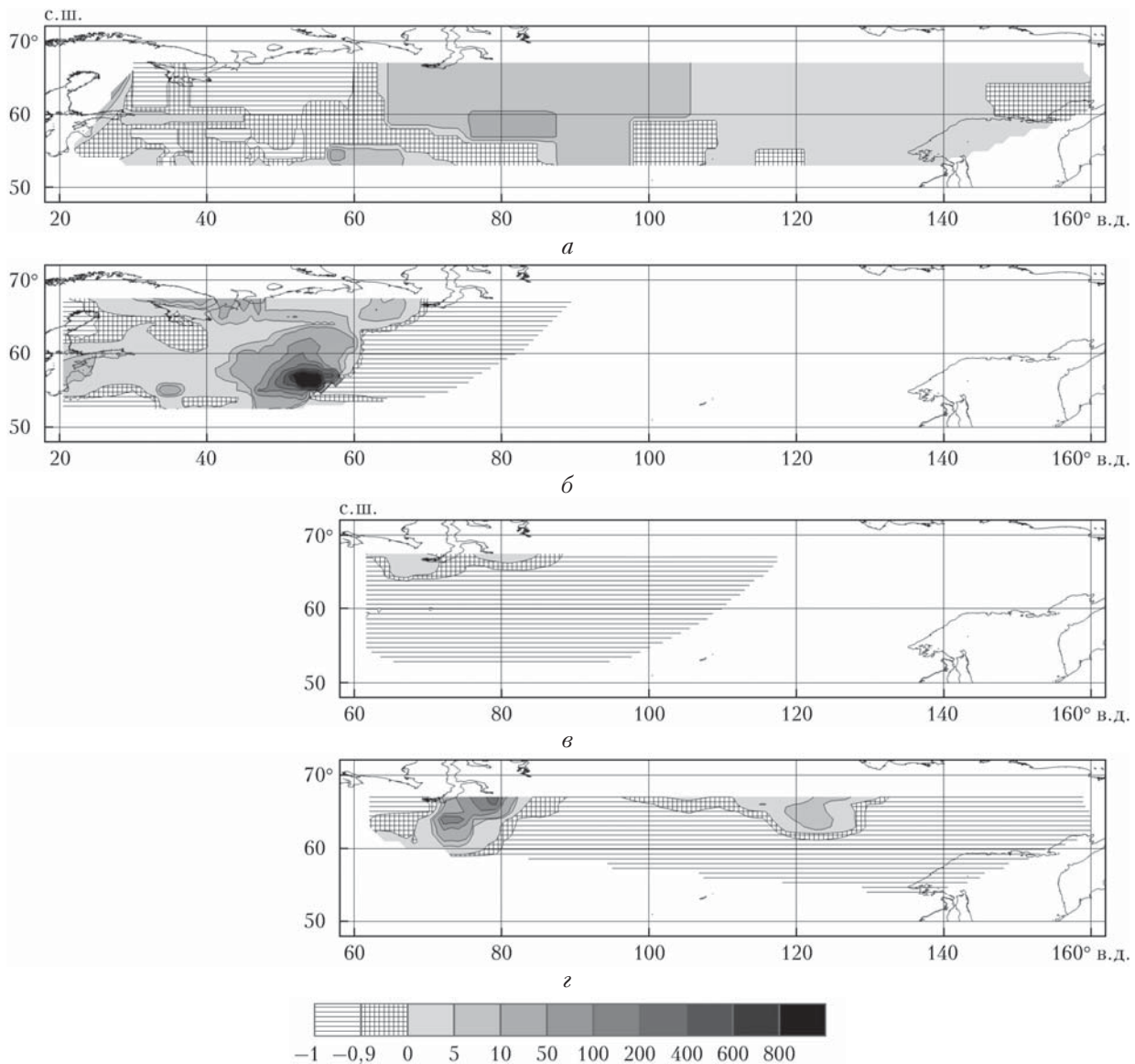


Рис. 3. Пространственные распределения по рассматриваемым территориям России в целом и АТР относительных аномалий летом 2012 г. (по сравнению со средними летними значениями за 2001–2013 гг. в каждой ячейке): эмиссии ВС (а) и функция Z чувствительности к эмиссиям примесей, переносимых в атмосфере к рассматриваемым пунктам – НЗ (б), ГЗ (в), УЛЗ (z). Черно-белая шкала одинаковая, безразмерная

сильных пожаров в Западной Сибири и в Якутии, что должно повышать концентрацию ВС в воздухе в районе дельты р. Лена.

Концентрации ВС в Российской Арктике. Полученные оценки концентраций ВС в воздухе рассматриваемых пунктов наблюдений приведены на рис. 4. Здесь сравниваются вклады (средние летние и за год) антропогенных источников с вкладами от пожаров (средних и аномальных) в величинах концентраций ВС, создаваемых этими источниками. Разберем результаты подробно по пунктам:

1) Кол – содержание ВС в воздухе в целом незначительно, летом преобладает вклад от пожаров, а в среднем за год – антропогенное загрязнение;

2) Арх – в целом за год преобладает антропогенное загрязнение, летом средние вклады пожаров и антропогенных источников примерно одинаковы,

в 2010 г. вклад от пожаров вдвое больше, а в 2012 г. пожары на АТР не сказывались;

3) НЗ – под влиянием европейских и азиатских источников вклады пожаров (не только аномальных 2010 г., но и средних) более чем на порядок превышают вклады антропогенных источников, летом 2012 г. загрязнение черным углеродом минимально;

4) ГЗ – значительно антропогенное загрязнение (от факелов нефте- и газодобычи в Западной Сибири [14]), вклад которого даже летом 2012 г. выше, чем вклад аномальных пожаров на АТР в целом;

5) УЛЗ – средние концентрации ВС в воздухе малы – как от антропогенных источников, так и от пожаров (сравнимы с летней концентрацией от антропогенных источников в других пунктах, кроме ГЗ), только в 2012 г. вклад от аномальных пожаров на АТР на порядок выше.

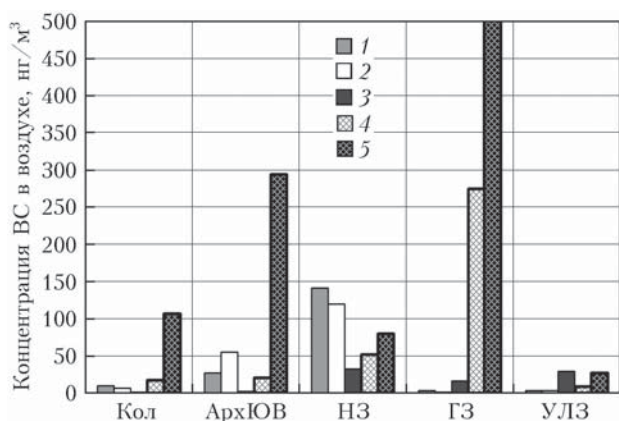


Рис. 4. Соотношения концентраций ВС в воздухе рассматриваемых пяти пунктов: от летних пожаров – средних (1) и экстремальных 2010 г. (2) и 2012 г. (3), а также в среднем от антропогенных источников – летом (4) и за год (5)

Заметим, что приведенные оценки следует рассматривать скорее как качественные показатели, пригодные для относительных сопоставлений разных арктических районов или разных условий пожаров. Количественные значения довольно сильно зависят от пространственного распределения очагов пожаров и их мощностей, особенно в высокоширотных районах Сибири и Якутии. Исходные данные в [11] представлены по субъектам РФ, что для регионов с большими территориями вносило значительные неопределенности при анализе пространственного распределения эмиссий ВС. Однако приведенные оценки вполне разумно соответствуют результатам измерений на севере России (см., например, [17, 18]).

Это еще раз подчеркивает необходимость более надежного определения выбросов черного углерода в атмосферу на территории России и создания системы его регулярного мониторинга как в воздухе, так и в потоках вещества на поверхность. Тем более, что черный углерод пока не включен в список атмосферных примесей для регулярного мониторинга в России, хотя по остальным короткоживущим климатически значимым атмосферным составляющим SLCF (озон, метан, фторуглеводороды) такие работы проводятся.

Заключение

В начале XXI в. на рассматриваемой территории России (севернее 52° с.ш.) средние годовые эмиссии ВС от пожаров меньше, чем эмиссии от антропогенных источников. Таковы же соотношения вкладов этих источников в величину средней атмосферной концентрации ВС в большинстве арктических районов. Однако условия циркуляции атмосферы и пространственное распределение эмиссий ВС по территории России таковы, что в районе Ненецкого заповедника (дельта р. Печора) вклад пожаров в атмосферную концентрацию ВС в среднем больше, чем вклад антропогенных источников.

Специфические условия циркуляции атмосферы, сопутствующие периодам образования сильных пожаров, могут способствовать ослаблению эффективности атмосферного переноса загрязнений из районов максимальных пожаров в Арктику. В результате экстремальные пожары могут не оказывать заметного влияния на концентрацию ВС в воздухе арктических районов, как это предполагалось *a priori*.

В среднем максимальная концентрация ВС от пожаров в воздухе северных районов России формируется вблизи Ненецкого заповедника, где сказывается влияние как европейских, так и азиатских пожаров. Летом 2010 г. этот район также был наиболее загрязнен черным углеродом, а летом 2012 г., наоборот, концентрация ВС там была минимальной.

Вблизи Усть-Ленского заповедника формируются наименьшие концентрации ВС (от пожаров и от антропогенных источников) в воздухе. Однако летом 2012 г. экстремальные пожары могли повысить там концентрацию ВС до уровня, характерного для среднего лета в более южных районах Архангельской обл. или до уровня средней антропогенной концентрации ВС в зимний период.

Полученные результаты могут быть использованы для качественных оценок и сопоставительного анализа климатических и экологических условий в разных районах Российской Арктики.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 14-05-00059 и 14-05-93089). Авторы благодарны лаборатории воздушных ресурсов (Air Resource Laboratory) NOAA за предоставление возможности свободно использовать модель HYSPLIT для расчета траекторий движения воздушных масс.

1. IPCC, Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Core Writing Team, R.K. Pachauri, L.A. Meyer (eds.). IPCC, Geneva, Switzerland, 2014. 151 p.
2. Кондратьев К.Я., Григорьев Ал.А. Лесные пожары как компонент природной экодинамики // Оптика атмосф. и океана. 2013. Т. 26, № 6. С. 443–451.
3. Кароль И.Л., Киселев А.А. Что несут лесные пожары атмосфере? // Природа. 2007. № 5. С. 40–46.
4. Гинзбург А.С., Виноградова А.А., Фёдорова Е.И., Никитич Е.В., Карпов А.В. Содержание кислорода в атмосфере крупных городов и проблемы дыхания // Геофизические процессы и биосфера. 2014. Т. 13, № 2. С. 5–19.
5. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Техническое резюме. М.: Росгидромет, 2014. 93 с.
6. Мохов И.И. Особенности формирования летней жары 2010 г. на европейской территории России в контексте общих изменений климата и его аномалий // Изв. РАН. Физ. атмосф. и океана. 2011. Т. 47, № 6. С. 709–716.
7. Ситнов С.А. Оптическая толща аэрозоля и общее содержание оксида углерода над европейской территорией России в период массовых пожаров лета 2010 г.: взаимосвязь изменчивости загрязнений и метеорологических величин // Изв. РАН. Физ. атмосф. и океана. 2011. Т. 47, № 6. С. 774–789.
8. AMAP Assessment 2015: Black carbon and ozone as Arctic climate forcers. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). Oslo, Norway. 2015. 116 p.

9. Bond T.C., Doherty S.J., Fahey D.W., Forster P.M., Berntsen T., DeAngelo B.J., Flanner M.G., Ghan S., Kärcher B., Koch D., Kinne S., Kondo Y., Quinn P.K., Sorooshian M.C., Schultz M.G., Schulz M., Venkataraman C., Zhang H., Zhang S., Bellouin N., Guttikunda S.K., Hopke P.K., Jacobson M.Z., Kaiser J.W., Klimont Z., Lohmann U., Schwarz J.P., Shindell D., Storelvmo T., Warren S.G., Zender C.S. Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment // *J. Geophys. Res.* A. V. 118, N 11. P. 5380–5552.
10. Виноградова А.А., Смирнов Н.С., Коротков В.Н., Романовская А.А. Лесные пожары в Сибири и на Дальнем Востоке: эмиссии и атмосферный перенос черного углерода в Арктику // *Оптика атмосф. и океана*. 2015. Т. 28, № 6. С. 512–520; *Vinogradova A.A., Smirnov N.S., Korotkov V.N., Romanovskaya A.A. Forest Fires in Siberia and the Far East: Emissions and atmospheric transport of black carbon to the Arctic* // *Atmos. Ocean. Opt.* 2015. V. 28, N 6. P. 566–574.
11. Информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ Рос лесхоз). ФБУ Авиалесоохрана, 1997–2014. URL: http://pushkino.aviales.ru/main_pages/index.shtml
12. Смирнов Н.С., Коротков В.Н., Романовская А.А. Выбросы черного углерода от природных пожаров на землях лесного фонда Российской Федерации в 2007–2012 гг. // *Метеорол. и гидрол.* 2015. № 7. С. 5–17.
13. Виноградова А.А. Дистанционная оценка влияния загрязнения атмосферы на удаленные территории // *Геофиз. процессы и биосфера*. 2014. Т. 13, № 4. С. 5–20.
14. Виноградова А.А., Веремейчик А.О. Модельные оценки содержания антропогенной сажи (black carbon) в атмосфере Российской Арктики // *Оптика атмосф. и океана*. 2013. Т. 26, № 6. С. 443–451.
15. Виноградова А.А. Эмиссии антропогенного черного углерода в атмосферу: распределение по территории России // *Оптика атмосф. и океана*. 2014. Т. 27, № 12. С. 1059–1065; *Vinogradova A.A. Anthropogenic black carbon emissions to the atmosphere: Surface distribution through Russian territory* // *Atmos. Ocean. Opt.* 2015. V. 28, N 2. P. 158–164.
16. Виноградова А.А., Котова Е.И., Топчая В.Ю. Атмосферный перенос антропогенных тяжелых металлов в северные районы Европейской России // *Геогр. и природные ресурсы*. 2016. В печати.
17. Шевченко В.П., Стародымова Д.П., Виноградова А.А., Лисицын А.П., Макаров В.Н., Попова С.А., Сивонен В.В., Сивонен В.П. Элементный и органический углерод в атмосферном аэрозоле над северо-западным побережьем Кандакшского залива Белого моря // *Докл. АН*. 2015. Т. 461, № 1. С. 1–5.
18. Копейкин В.М., Ретина И.А., Гречко Е.И., Огородников Б.И. Измерение содержания сажевого аэрозоля над водной поверхностью в Южном и Северном полушариях // *Оптика атмосф. и океана*. 2010. Т. 23, № 6. С. 444–450; *Kopeikin V.M., Repina I.A., Grechko E.I., Ogorodnikov B.I. Measurements of soot aerosol content in the near-water atmospheric layer in the Southern and Northern hemispheres* // *Atmos. Ocean. Opt.* 2010. V. 23, N 6. P. 500–507.

A.A. Vinogradova, N.S. Smirnov, V.N. Korotkov. Extreme wildfires in Russia during summertimes of 2010 and 2012: atmospheric transport of black carbon to the Arctic.

Model estimates of black carbon (BC) air concentrations were made for some Arctic points under extreme wildfires in Russia during summertimes of 2010 and 2012. The initial information on monthly burned areas by fires on the territories of Russian administrative units through 2000–2013 were taken from the official site of Federal Forestry Agency of RF (Rosleshoz). These data were converted in BC atmospheric emissions taking into account differences in flora and fire types. Atmospheric BC concentrations in the Arctic were calculated with the help of back-trajectory statistics for five arctic points situated on Kola Peninsula, in the south-east of Arkhangelsk area, and at Nenetsky, Gydansky, Ust'-Lensky Nature Reserves.

Specific circulation conditions in the atmosphere accompanying extreme fires can decrease transport efficiency from fire territories to the Arctic points. BC air concentrations are minimal in the north-western areas of European Russia and near Ust'-Lensky Nature Reserve. The region near Nenetsky Nature Reserve (in the north-eastern part of Europe) is polluted by BC from fires maximally. At the same time, the north-western areas of Siberia are mainly polluted by BC from anthropogenic emissions. Intense wildfires in Siberia and Yakutiya can increase BC air concentrations in summertime in the North of the Asian part of Russia.

The results of the work may be used as qualitative estimates in comparative climatic or ecological analysis for different arctic regions.