

А.П. Филиппенко, П.А. Блаkitная, А.Р. Курганский, С.П. Смышляев, Т.В. Суходолов

**АНАЛИЗ СОСТАВА ВЫБРОСОВ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ГАЗОВ
В РЕГИОНЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ ИХ
ТРАНСГРАНИЧНОГО ПЕРЕНОСА**

A.P. Filippenko, P.A. Blakitnaya, A.R. Kurgansky, S.P. Smyshlyayev, T.V. Sukhodolov

**CHEMICAL SPECIES EMISSIONS AT THE ST.PETERSBURG REGION AND
THEIR TRANS BOUNDARY TRANSPORT TO THE REMOTE AREAS**

Анализируется состав выбросов в атмосферу химически активных малых газовых составляющих в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Рассматривается их трансформация в местах выбросов и потенциал для трансграничного переноса. Для оценки химического потенциала используется боксовая фотохимическая модель, а для оценки способности к трансграничному переносу – траекторная модель.

Ключевые слова: газовые выбросы, местная химическая трансформация, атмосферный перенос газов, обратные траектории.

Chemical emissions inventory for St.Petersburg and Leningradskaya region is analyzed based on the sources of gases. Local chemical transformation is compared to the ability to trans boundary transport. Box photochemical model is used to estimate local transformation, while back trajectory model is applied to trans boundary estimations.

Key words: gas emissions, local chemical transformation, atmospheric transport of gases, back trajectory.

Наступление 21 века сопровождалось быстрым экономическим развитием Российской Федерации и соседних государств, миграцией населения в крупнейшие мегаполисы страны, развитием инфраструктуры, многоэтажного городского строительства, увеличением потоков автотранспорта и, как следствие, увеличением интенсивности антропогенных газовых выбросов с поверхности урбанизированных территорий. В настоящее время процессы расширения транспортных магистралей, плотного городского строительства продолжают, в результате чего образуются устойчивые зоны с повышенными концентрациями загрязнений в регионах России.

По результатам современных исследований в области химического прогноза погоды, антропогенные выбросы с поверхности урбанизированных территорий могут влиять не только на качество воздуха в регионе и, следовательно, здоровье населения, но и на локальные погодные условия, выработку новых и режим естественных природных выбросов с поверхности. Данные процессы могут привести к изменению пространственного и временного распространения примесей в атмосфере данного региона, что, несомненно, скажется на климатических характеристиках глобальной системы Земли.

Объектом исследования настоящей работы является фотохимическая трансформация газовых загрязнителей в регионе Санкт-Петербурга. Данная работа направ-

лена на изучение состава выбросов химически активных газов в атмосферу Санкт-Петербурга, а их перенос в атмосфере.

На сегодняшний день существует довольно большое количество региональных и глобальных атмосферных моделей с функцией химического прогноза погоды.

Для решения задач настоящей работы была одномерная боксовая химическая модель атмосферы РГГМУ для определения потенциала переноса примесей в атмосфере мегаполисов.

Боксовая модель была модифицирована и адаптирована под условия проведения экспериментов в мегаполисе Санкт-Петербург. Адаптация модели заключалась во включении нового химического механизма параметризации фотохимических процессов в ПСА мегаполисов с учетом их особенностей с перспективой использования в оперативных моделях численного прогноза погоды и качества воздуха. Модель была модифицирована путем стыковки нового фотохимического механизма ориентированного на тропосферу урбанизированных территорий.

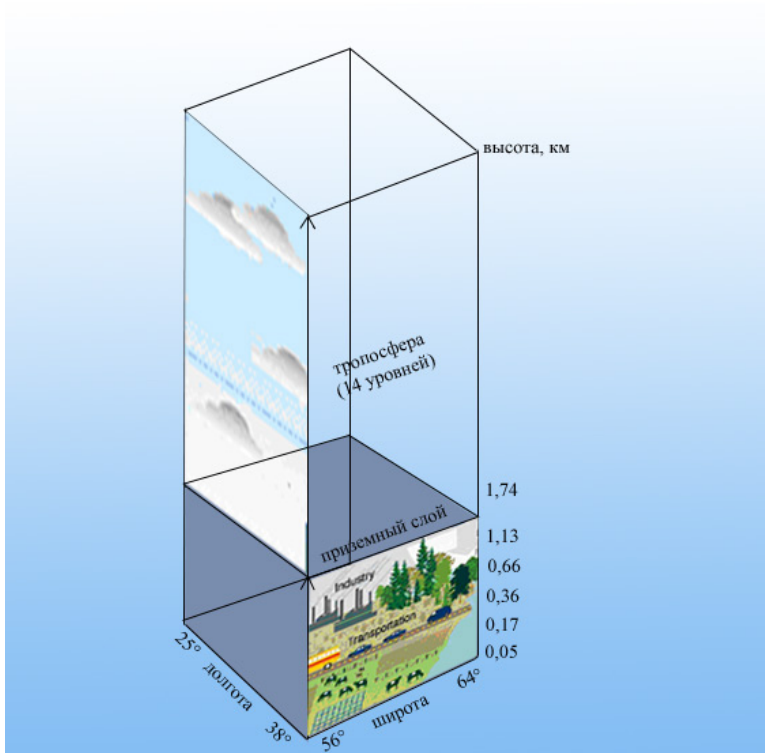


Рис. 1 – Схематический вид боксовой модели атмосферы

Основные уровни стыковки фотохимического механизма заключаются в формировании механизма реакций, расчет скоростей прохождения химических реакций их дифференциальное «решение», и зависимость от температуры и давления [1].

Граничные условия для химических веществ указаны как потоки с поверхности мегаполисов в атмосферу. Начальные условия задавались на основе данных трехмерной химико-климатической модели ИВЦ РАН РГГМУ и измерений экспериментов TROICA [2], проведенных в мегаполисах. Граничные и начальные условия задавались для круга широты.

Выбросы от площадных источников рассматривались как антропогенные и биогенные совместно. Предполагается, что такие выбросы происходят у поверхности земли и поступают в нижний модельный уровень. Эмиссии от мощных основных источников выбросов могут быть рассчитаны сразу на нижнем модельном уровне, без расчета дисперсии у земли. Биогенные выбросы рассчитаны в реальном времени на каждом шаге по времени в химическом модуле с использованием скоростей потоков выбросов.

Коэффициенты фотодиссоциации первоначально зависят от высоты, зенитного угла солнца, содержания озона в столбе атмосферного воздуха или на модельном уровне, альбедо подстилающей поверхности, температуры. Коэффициенты рассчитываются при условии ясного безоблачного неба на каждом модельном уровне и временном шаге, а затем проводится подправка с учетом присутствия облачности. Потоки солнечной радиации берутся из расчетов Всемирной метеорологической организации (ВМО) 1986 года. Стандартное содержание озона в столбе атмосферного воздуха составляет 300 добсонов.

Данный химический механизм модели был протестирован в более ранних исследованиях и верифицирован с данными наземных измерений. Механизм разработан на основе различных схем, но с явным и детализированным описанием сложных цепочек реакций, для понимания и более общего анализа взаимосвязей между химическими циклами различных газов.

В рамках данной работы механизм был дополнен химическими циклами биогенных углеводов и органическими нитратами с учетом всех пероксирадикалов. Серные циклы включены для описания токсических выбросов химических предприятий, городских свалок и т.д.

Основное внимание уделено описанию антропогенных газовых выбросов, биогенные рассмотрены на примере метана, этана и их радикалов, остальные углеводороды более сложной группы описаны в группе ОTHС.

Вымывание растворимых газов и их перенос к земной поверхности атмосферными гидрометеорами параметризуется как функция разрушения газа.

Для анализа состава химических выбросов газов в регионе С-Петербурга использовалась база данных о составе выбросов в Европейских городах [3].

Во-первых, целесообразно рассматривать трансформацию примесей в городе на уровне 350 метров, т.к. источники антропогенных выбросов – заводские трубы располагаются, как правило, на высоте 100 метров, а автомобильные выбросы рассеиваются в вертикальном и горизонтальном направлениях. Тяжелые примеси не достигают более высоких слоев ПСА, а легкая примесь успевает рассеяться в нижних слоях ПСА.

Во-вторых, каждый отдельный мегаполис имеет собственный химический режим ПСА, в зависимости от характерных источников выбросов и климатических особенностей. Для определения оптимальных условий проведения модельных экспериментов в Санкт-Петербурге, а именно, оценки потоков антропогенных загрязнителей с

поверхности мегаполиса был выполнен анализ данных Глобальной базы данных по выбросам с поверхности мегаполисов мира Global Emission Inventory 2005 европейского научного проекта MEGAPOLI, в которой представлены основные антропогенные газовые и аэрозольные выбросы [3].

Оказалось, что в Санкт-Петербурге выбросы метана доминируют над угарным газом, составляя 55% от общей доли выбросов.

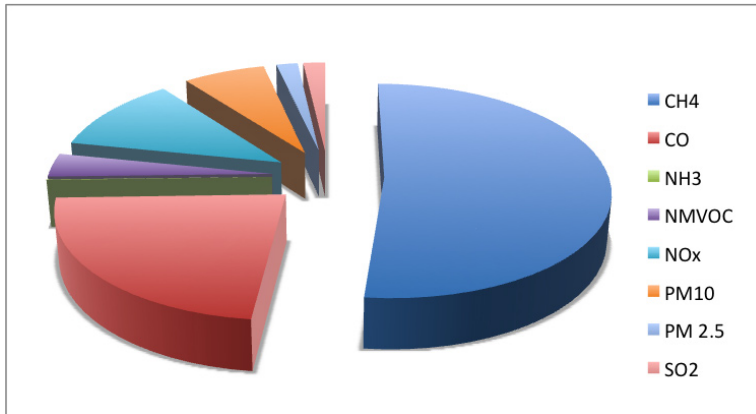


Рис. 2 – Вклад основных загрязняющих веществ в суммарные выбросы г. Санкт-Петербурга

Уровень угарного газа ниже, т.к. наблюдается тенденция к понижению загруженности центра города, путем выноса транспортных магистралей грузового автотранспорта за пределы центра города. Однако, заметно повышение концентрации окислов азота.

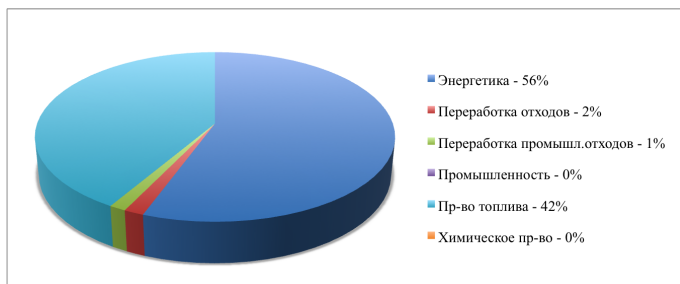
Причем, анализируя тип источников выбросов метана, как преобладающего газа, оказалось, что потоки выбросов от точечных источников (а – трубы котельных и отдельно стоящих заводов, аэрационные фонари, вентиляция) в Москве составляют 25% при вкладе площадных (б – промышленные зоны, автомагистрали) - 75%.



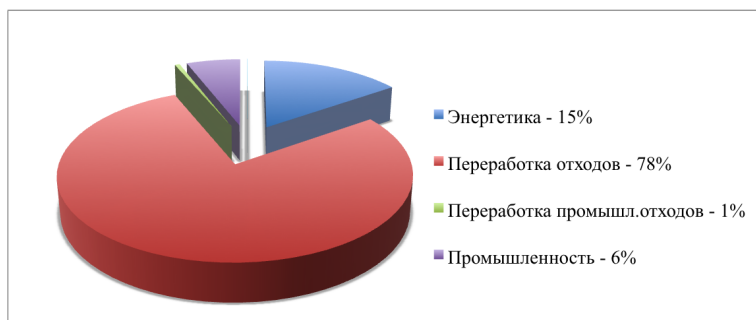
Рис. 3 – Соотношение выбросов метана от точечных и площадных источников в Санкт-Петербурге

Как показано на рисунке 3 вклад точечных источников более существенный — 57%.

(а)



(б)



(в)



Рис. 4 — Соотношение выбросов от каждого сектора экономики в суммарные выбросы метана (а), угарного газа (б), оксидов азота (в) в Санкт-Петербурге

Из рис. 4 следует, что энергетический сектор Санкт-Петербурга производит около 80% выбросов оксидов азота и метана в атмосферу города.

Соединения азота, поступающие в атмосферу от объектов АТК, представлены в основном NO и NO₂. Выделяемый в атмосферу монооксид азота под воздействием солнечного света интенсивно окисляется атмосферным кислородом до диоксида

азота. Кинетика дальнейших превращений диоксида азота определяется его способностью поглощать ультрафиолетовые лучи и диссоциировать на монооксид азота и атомарный кислород в процессах фотохимического смога.

(а)



(б)



(в)

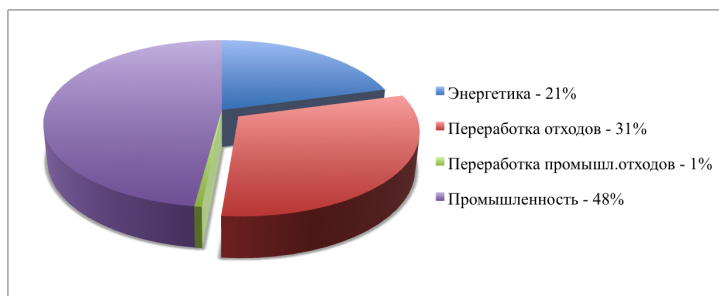


Рис. 5 – Соотношение выбросов от каждого сектора экономики в суммарные выбросы диоксида серы (а), углеводородов неметановой группы (б), аммиака (в) в Санкт-Петербурге

Выбросы углеводородов неметановой группы обусловлены работой химической промышленности.

Модельные эксперименты с использованием боксовой модели проводились с предположением, что при экстремальных метеорологических условиях, как в летний,

так и зимний периоды потоки выбросов антропогенных газов возрастают, что приводит к повышенным концентрациям, и в свою очередь к повышению температуры окружающей среды. Таким образом, были выбраны дни с максимальными значениями температуры +37С днем и среднесуточной +26С, наблюдаемые 7 августа 2010 года для экспериментов в летний период. Для зимнего периода была выбрана дата 18 февраля 2011 года с минимальной температурой -31С и среднесуточной -24С.

На рис. 6 приведен пример расчета траекторий переноса примеси (лагранжевый подход) выброшенной источником в районе города Санкт-Петербурга в отдельные рассматриваемые даты за 72 часа после выброса.

Суммарные антропогенные выбросы в полдень переносились в регионы Карелии и Мурманскую область с более низкими температурами воздуха, причем самые низкие выбросы от автотранспорта достигли тех же вертикальных слоев, что и высокие выбросы промышленных труб — 1800 м над поверхностью. Площадные суммарные выбросы перенеслись в средние слои тропосферы. Суммарный поток солнечной радиации уменьшался, следовательно, можно делать вывод о снижении интенсивности реакций фотодиссоциации в последующие 3 дня.

Рассматривая перенос примесей в зимний период, можно говорить о сильной приземной инверсии, суммарный поток примесей не подвергался вертикальному переносу, следовательно, все выброшенные газы накапливались в слое 300 метров от поверхности мегаполиса, при колебаниях температуры в районе 254 К. Величина потока солнечной радиации в 2 раза меньше, по сравнению с летним периодом.

Результаты выполненного в настоящей работе анализа показали, что, как следует из анализа траекторий переноса, у примеси с коротким временем жизни наблюдается быстрая дисперсия и небольшой вертикальный перенос, тем самым, определяя только локальное влияние на процессы в пограничном слое атмосферы. Примеси с более долгим временем жизни подвержены значительному вертикальному и горизонтальному переносу, тем самым, влияя на региональные и глобальные процессы в атмосфере соседних регионов.

Работа выполнена в Российском государственном гидрометеорологическом университете в рамках участия в Федеральной Целевой Программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (ГК № 02.740.11.5199 от 09 ноября 2009 г.), в рамках реализации мероприятия «Проведение научных исследований коллективами под руководством приглашенных исследователей в области наук о Земле, экологии и рационального природопользования».

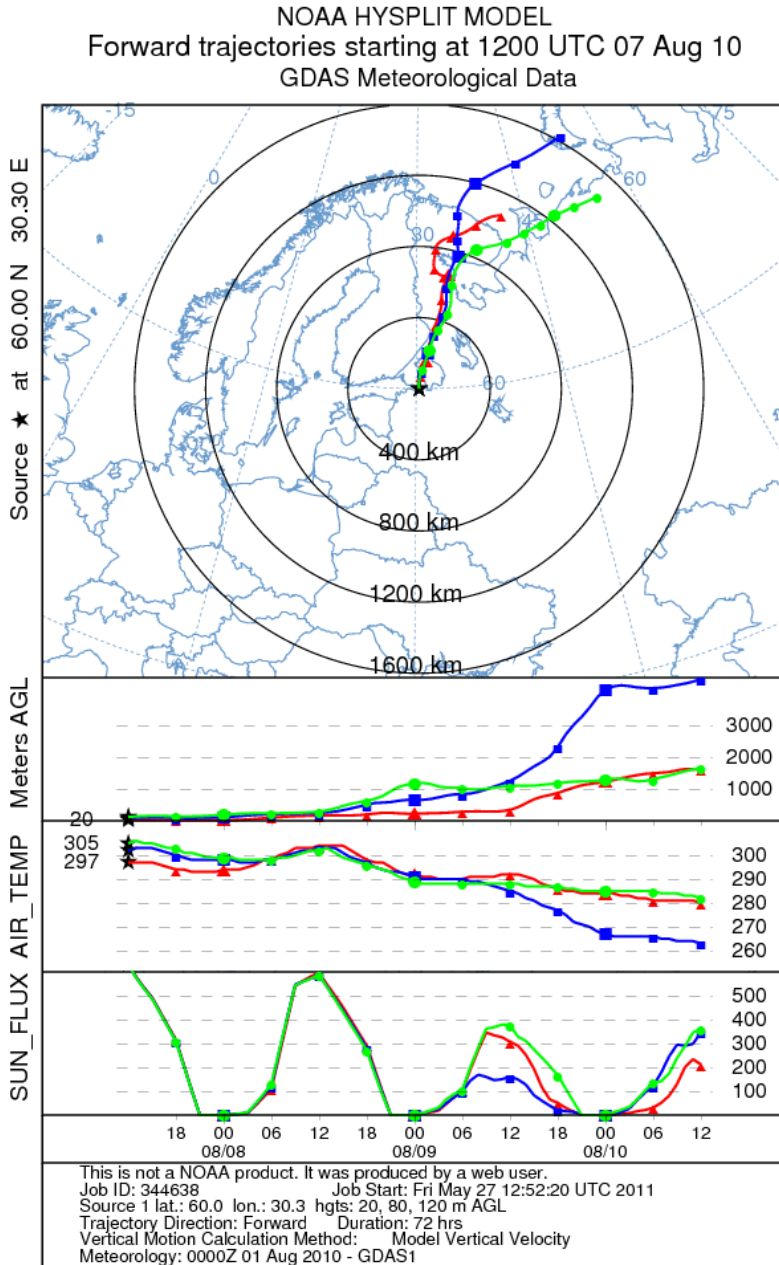


Рис. 6 – Траектории переноса примеси от источников в г. Санкт-Петербурге летом

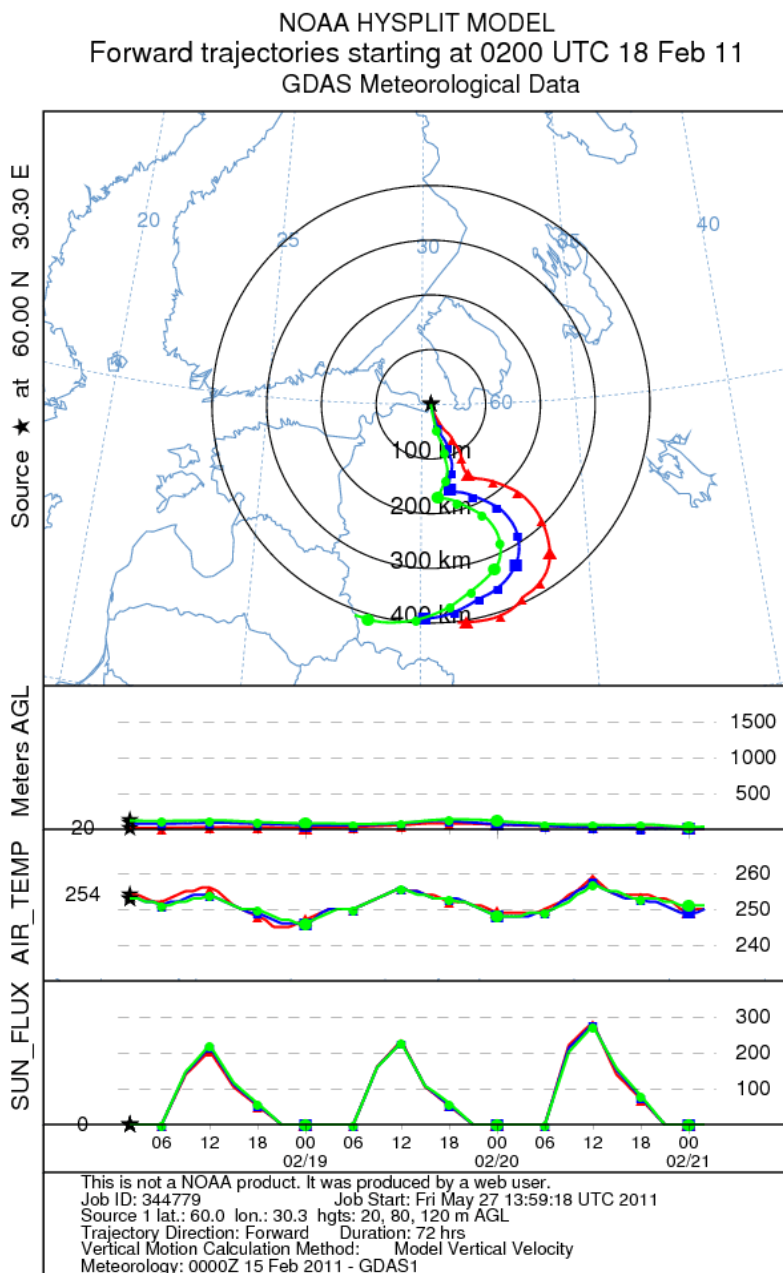


Рис. 7 – Дисперсия переноса примеси от источника в г. Санкт-Петербурге зимой

Литература

1. *Baklanov, A.* Interactions between air quality and meteorology / A. Baklanov, A. Mahura // Deliverable d4.3, megapoli scientific report 10-10 [электронный ресурс]. – электронный журнал./ megapoli-13-rep, - dmi, 2010. – режим доступа:- http://megapoli.dmi.dk/publ/megapoli_sr10-10.pdf
2. Ежегодный обзор «состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2006 г.» [текст] / под ред. Э.Ю. Безуглая главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова.– СПб.: ГГО Росгидромета, 2008
3. Экогеохимия городских ландшафтов [текст] /Под ред. Н.С. Касимова. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 336 с.
4. Электронная база данных sedac центр социоэкономических данных // sedac [электронный ресурс]. – Электронная база данных. / Университет Колумбии . – Нью-Йорк.: Университет Колумбии , 2005. – <http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw/>
5. *Курбатова, А.С.* Экология города [текст]/ А.С. Курбатова, Башкин В.Н. – М.: Научный мир, 2004. – 624 с.
6. *Dvortsov V.I., Geller M.A., Yudin V.A., Smyshlyaev S.P.* Parameterization of the convective transport in a two-dimensional chemistry-transport model and its validation with radon 222 and other tracer simulations - journal of geophysical research. 1998. Т. 103. № d17. С. 22047-22062.
7. *Смышляев С.П., Галин В.Я., Володин Е.М.* Модельное исследование межгодовой изменчивости содержания атмосферного озона в средних широтах // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2004. Т. 40. № 2. С. 211.
8. *Гаврилова, Ю.В.* Модельное исследование влияния крупных городов на региональные аспекты погоды [текст] / Ю.В. Гаврилова, С.П. Смышляев, А.Г. Махура // Ученые записки РГГМУ. Научно-теоретический журнал. - 2010. – № 15. – с. 107 – 112
9. *Brasseur G.* Atmospheric chemistry and global change [текст]/ G. Brasseur, J. Orlando, G. Tyndall, Oxford university press, 1999
10. *Филиппенко А.П., Смышляев С.П., Блакитная П.А.* Химические механизмы трансформации токсичных газов в атмосфере // Ученые записки РГГМУ – 2010, № 15, с. 41–53.
11. *Panin, L.V.* Estimation of reliability of the data on pollutant content measured in the atmospheric surface layer in the troica experiments [текст] / L.V. Panin, N.F. Elansky, I.B. Belikov, I.G. Granberg, A.V. Andronova, Yu.I. Obvintsev, V.M. Bogdanov, Grisenko, A.M., V.S. Mozgrin // Izvestiya, Atmospheric and oceanic physics. - 2001.- vol. 37, suppl. 1, - с. 375–396.
12. *Смышляев, С.П.* Моделирование влияния изменений спектральных потоков солнечной радиации, вызванных солнечной активностью, на содержание атмосферного озона [текст] / С.П. Смышляев, В.Я. Галин, П.А. Зименко, А.П. Кудрявцев // Метеорология и гидрология.–2005.–п 8.–с.25 – 37