

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Гаврилова Николая Михайловича на диссертацию Неробелова Георгия Максимовича на тему «Оценки антропогенных эмиссий CO<sub>2</sub> мегаполиса Санкт-Петербурга на основе численного моделирования», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18. Науки об атмосфере и климате.

Диссертация Неробелова Георгия Максимовича посвящена актуальной и важной теме изучения антропогенных эмиссий CO<sub>2</sub> в Санкт-Петербурге. Последние несколько десятков лет наблюдается увеличение содержания CO<sub>2</sub> и других парниковых газов в атмосфере Земли, обусловленное деятельностью человека. Это приводит к глобальному потеплению и к увеличению количества неблагоприятных погодных явлений. Для оценки антропогенных эмиссий CO<sub>2</sub> используются разные подходы. Первый - метод инвентаризации путем оценки эмиссий по данным о производственной деятельности, которая приводит к выбросам CO<sub>2</sub> в атмосферу Земли. Погрешности инвентаризационного подхода могут достигать десятков процентов. Для получения более точных оценок в диссертации разработан подход к оценке антропогенных эмиссий CO<sub>2</sub>, основанный на измерениях содержания CO<sub>2</sub> в окрестности города, априорной информации и численном моделировании атмосферного переноса с высоким пространственным разрешением.

Для достижения цели диссертант решал ряд важных научных задач, таких как оценка антропогенных эмиссий CO<sub>2</sub> с территории Санкт-Петербурга при помощи дифференциальных спектроскопических измерений, априорной информации и одномерной боксовой модели атмосферного переноса; оценка антропогенных эмиссий CO<sub>2</sub> с территории Санкт-Петербурга при помощи дифференциальных спектроскопических измерений общего содержания газа в атмосфере, априорной информации и модели WRF-Chem; сравнения оценок антропогенных эмиссий CO<sub>2</sub> в Санкт-Петербурге на основе инвентаризационного подхода и решения обратной задачи атмосферного переноса.

Основным методом, используемым в данной работе, является численное моделирование атмосферного переноса с использованием разных моделей: одномерной боксовой модели, трехмерной модели дисперсии частиц в атмосфере и трехмерной региональной численной модели прогноза погоды и состава тропосферы WRF-Chem версии 4.1.3. Впервые, численная модель WRF-Chem была адаптирована к условиям Санкт-Петербурга для учета спектроскопических измерений содержания CO<sub>2</sub>. Также впервые в диссертации собраны и проанализированы все доступные на данный момент оценки антропогенных эмиссий CO<sub>2</sub> Санкт-Петербурга за 2019 г., полученные на основе инвентаризационного подхода и решения обратной задачи атмосферного переноса.

Основные научные результаты, выносимые на защиту, включают оценку вклада пространственного распределения покрытия парных спектроскопических измерений при оценке антропогенных эмиссий CO<sub>2</sub> Санкт-Петербурга с помощью одномерной боксовой модели, который достигает ~40%; адаптацию численной модели WRF-Chem к условиям Санкт-Петербурга, которая позволяет использовать модель для решения обратной задачи по оценке антропогенных эмиссий CO<sub>2</sub> города с погрешностью моделирования 0.2%; использование набора измерений, априорной информации и моделей атмосферного переноса, которые приводят к диапазону значений антропогенных эмиссий CO<sub>2</sub> Санкт-Петербурга 62 - 90 Мт г<sup>-1</sup> при среднем значении 73±13 Мт г<sup>-1</sup>.

По работе можно сделать замечание. При использовании боксовой модели и при оценках по модели WRF получены значения антропогенных эмиссий CO<sub>2</sub>, которые значительно превышают их инвентаризационные значения. Поэтому, можно было бы ожидать, что расчеты содержания CO<sub>2</sub> по модели WRF с использованием инвентаризационных эмиссий

в гл. 3 должны дать систематически более низкие значения по сравнению с измерениями. Вместо этого, Рис. 14 и Табл. 5 показывают, что модель WRF дает ХСО<sub>2</sub> систематически превосходящие измеренные значения, что противоречит описанным выше ожиданиям.

Однако, высказанное замечание не умаляет общего благоприятного впечатления о диссертации. Прделана большая и полезная работа по разработке и уточнению методов оценки антропогенных эмиссий СО<sub>2</sub> в Санкт-Петербурге. Основные результаты диссертации представлены в десяти публикациях в рецензируемых журналах, включая одну статью в журнале первого квартиля. Поэтому, можно заключить, что Неробелов Георгий Максимович является сложившимся самостоятельным ученым, способным решать научные задачи на самом высоком уровне.

Диссертация Неробелова Георгия Максимовича на тему: «Оценки антропогенных эмиссий СО<sub>2</sub> мегаполиса Санкт-Петербурга на основе численного моделирования» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Неробелов Георгий Максимович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18. Науки об атмосфере и климате. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета

Доктор физико-математических наук,  
профессор кафедры физики атмосферы

Санкт-Петербургского государственного университета



Гаврилов Н.М.

02.05.2024