

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Белана Бориса Денисовича на диссертацию Неробелова Георгия Максимовича на тему «Оценки антропогенных эмиссий CO_2 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.

Актуальность. Целью исследования является оценка антропогенных эмиссий CO_2 Санкт-Петербурга. Несмотря на большой прогресс в исследовании пространственно-временной изменчивости CO_2 на планете в его балансе все еще сохраняется неопределенность, оцениваемая международным сообществом в 1 ГтС в год. Это означает, что не все источники поступления этого газа хорошо учтены. Поэтому даже маленький кирпичик, вложенный в общее здание знания баланса углекислого газа в атмосфере, представляется актуальным. Не говоря о таком мегаполисе, как Санкт-Петербург.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и двух приложений.

Первая глава представляет собой обзор, в котором проанализировано современное состояние исследований роли углекислого газа в атмосферных процессах, его источники и стоки, имеющиеся методики определения эмиссий CO_2 , их преимущества и недостатки.

Во второй главе выполнена оценка антропогенных эмиссий CO_2 Санкт-Петербурга по боксовой модели с использованием данных, полученных с помощью метода дифференциальной спектроскопии. Сделан анализ неопределенностей оценки эмиссии CO_2 .

Третья глава посвящена валидации WRF-Chem моделирования CO_2 в Санкт-Петербурге с помощью локальных и дистанционных измерений. Проведена адаптация модели WRF-Chem к условиям Санкт-Петербурга. Выполнено трехмерное моделирование переноса CO_2 в атмосфере. Сделано сравнение результатов моделирования с данными измерений и с независимой модельной информацией. Оценено соответствие погрешностей моделирования XCO_2 современным требованиям.

Глава 4 является основной. В ней сделана оценка антропогенных эмиссий CO_2 Санкт-Петербурга с помощью модели WRF-Chem и выполнено сравнение с независимыми результатами антропогенных эмиссий CO_2 Санкт-Петербурга.

Основные результаты. 1. Адаптирована численная модель WRF-Chem к условиям Санкт-Петербурга, которая позволяет описывать изменение содержания CO_2 в атмосфере за год с высоким пространственным разрешением (2-3 км) со средним расхождением от измерений на менее 0.6%.

2. Полученная с помощью решения обратной задачи атмосферного переноса по данным дифференциальных спектроскопических измерений и одномерной модели атмосферного переноса с учетом пространственного охвата территории города измерениями составляет эмиссия CO_2 Санкт-Петербурга составляет 76–105 Мт/год при средней оценке 91 ± 19 Мт г^{-1} .

3. Учет ограниченного пространственного покрытия парных спектроскопических измерений содержания CO_2 в атмосфере приводит к уменьшению оценок антропогенных эмиссий Санкт-Петербурга на ~22-55%.

4. Вклад эмиссии с поверхности Финского залива в содержание CO_2 в районе Санкт-Петербурга составляет менее 1% антропогенного вклада города и может не учитываться при численном моделировании переноса CO_2 в атмосфере на территории города.

Научная и практическая значимость. Научная новизна работы заключается в совместной оценке антропогенных эмиссий CO_2 на основе дифференциальных спектроскопических измерений его общего содержания и разных по сложности моделей атмосферного переноса.

Впервые численная модель WRF-Chem была адаптирована к условиям Санкт-Петербурга при помощи комплексных измерений содержания газа в атмосфере для моделирования переноса CO₂ на городском масштабе за период более года.

Собраны и проанализированы все доступные на данный момент оценки антропогенных эмиссий CO₂ Санкт-Петербурга за 2019 г., полученные на основе инвентаризационного подхода и метода решения обратной задачи атмосферного переноса.

Проведенная адаптация численной модели прогноза погоды и состава тропосферы высокого пространственного разрешения WRF-Chem к условиям Санкт-Петербурга и окрестностям, позволяет использовать ее для оценки антропогенных эмиссий CO₂ с территории города при наличии высокоточных спектроскопических измерений общего содержания CO₂ в районе города.

Обоснованность результатов

Достоверность результатов обеспечивается корректностью поставленной задачи и правильным использованием научных методов для достижения результата, большим количеством публикаций по теме работы и апробацией на международных конференциях.

Замечание

1. Использование спектроскопических данных с наветренной и подветренной стороны для выделения антропогенного вклада в работе не совсем обосновано. Еще в восьмидесятых годах прошлого века Ландсбергом Г.Е. и Оке Т.Р. было показано, что вокруг крупных городов возникает особая циркуляция с обратными потоками с подветренной стороны, запирающая примеси на их территории. По данным расчетов Пененко В.В. и Алояна А.Е. для Москвы такая циркуляция может распространяться на расстояние до 400 км. Поэтому выбор мест измерений с наветренной и подветренной стороны должен быть очень важен.

2. При обилии публикаций почему-то автор предпочел сослаться на свои работы в основном на их англоязычные версии, хотя можно было дать в двойном представлении.

Указанное замечание не снижает общей высокой оценки работы, ее теоретической и практической значимости. Все доказательства теорем оформлены подробно, результаты работы ясно изложены.

Диссертация Неробелова Георгия Максимовича на тему: «Оценки антропогенных эмиссий CO₂ 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
заведующий лабораторией климатологии
атмосферного состава Института оптики
атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН,
доктор физико-математических наук, профессор

Белан Б.Д.

Дата 02.05.2024

Подпись Б.Д. Белана заверяю,
и.о. ученого секретаря ИОА СО РАН



Т.Е. Кураева