

## **ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

**на диссертационную работу Е.А. Федотовой «Численное моделирование нагрева атмосферы Земли солнечным и тепловым излучением», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 -математическое моделирование, численные методы и комплексы программ**

Главной целью диссертационной работы Е.А. Федотовой «Численное моделирование нагрева атмосферы Земли солнечным и тепловым излучением» является построение радиационного блока для модели общей циркуляции атмосферы Земли, который должен обеспечивать хорошую точность расчета поля солнечного излучения и поля собственного инфракрасного излучения атмосферы в нижней и средней атмосфере с учетом рассеяния в облаках и использовать параллельные вычисления на графических процессорах для обеспечения высокого быстродействия.

Актуальность главной цели определяется тем, что для физически корректного моделирования общей циркуляции атмосферы Земли необходимо достаточно точно рассчитывать скорость нагрева-выхолаживания атмосферы за счет поглощения и испускания воздухом излучения в дальней и средней ИК областях спектра и за счет поглощения солнечного излучения в средней и ближней ИК областях спектра, а также в видимой и ближней УФ областях спектра. По этой причине общие возможности модели общей циркуляции атмосферы Земли во многом определяются точностью расчета поля излучения в перечисленных выше областях спектра. Радиационные блоки существующих моделей обеспечивают неплохую точность расчета только в безоблачной атмосфере на высотах менее 25 км. Этот недостаток обусловлен тем, что в этих блоках используются двухпотоковое приближение и параметризации оптических параметров, построенные по оптическим свойствам только нижней атмосферы. Поскольку с ростом высоты снижается вклад водяного пара в оптические параметры воздуха и растет вклад озона, имеется существенное

различие между оптическими свойствами нижней и средней атмосферы. Из-за этого различия указанные параметризации не обеспечивают хорошую точность расчетов в средней атмосфере.

Для достижения главной цели диссертационной работы было необходимо решить несколько крупных задач, а именно:

- 1) Разработать способы построения параметризаций молекулярного поглощения, предназначенных для расчетов поля собственного ИК-излучения атмосферы Земли и поля солнечного излучения в атмосфере Земли в интервале высот от поверхности Земли до высоты 70 км с высокой точностью.
- 2) Создать два комплекса программ для расчетов в нижней и средней атмосфере Земли с высоким спектральным разрешением поля собственного излучения в ИК-диапазоне от 10 до 3000 см<sup>-1</sup> и поля солнечного излучения в атмосфере Земли в частотном диапазоне от 2000 до 50000 см<sup>-1</sup> в приближении горизонтально однородной атмосферы с учетом континуального поглощения молекул водяного пара и углекислого газа и с учетом рассеяния.
- 3) Разработать две параметризации оптических характеристик атмосферы Земли в интервале высот от поверхности Земли до высоты 70 км, первая из которых предназначена для расчетов поля собственного ИК-излучения атмосферы в частотном интервале от 10 до 3000 см<sup>-1</sup>, а вторая - для расчетов поля солнечного излучения в частотном интервале от 2000 до 50000 см<sup>-1</sup>, и проверить точность этих параметризаций.

Несмотря на то что задачи, поставленные перед Е.А. Федотовой, были весьма непростыми, ей удалось преодолеть все трудности и успешно справиться с поставленными задачами. В результате работы над диссертацией были отработаны методы построения параметризаций молекулярного поглощения, предназначенные для расчетов поля собственного излучения и поля солнечного излучения в атмосфере Земли. В этих методах учитываются различия в содержании водяного пара и озона в нижней и средней атмосфере

Земли. Эти методы обеспечивают хорошую точность расчетов как в безоблачной атмосфере, так и при наличии облачных слоев с большой оптической толщиной. Также были созданы два комплекса программ, предназначенные для расчетов с высоким разрешением по частоте в приближении горизонтально однородной атмосферы с учетом континуального поглощения молекул водяного пара и углекислого газа поля собственного излучения в атмосфере Земли в ИК-диапазоне от 10 до 10000 см<sup>-1</sup> и поля солнечного излучения в атмосфере Земли в частотном диапазоне от 2000 до 50000 см<sup>-1</sup>. Оба комплекса программ используют параллельные вычисления на графических процессорах и позволяют проводить большой объем вычислений. Впервые были созданы параметризации оптических характеристик атмосферы Земли в интервале высот от поверхности до 70 км, учитывающие изменение газового состава атмосферы с высотой, первая из которых предназначена для расчетов поля собственного ИК-излучения атмосферы в частотном интервале от 10 до 3000 см<sup>-1</sup> и содержит 280 модельных каналов, а вторая предназначена для расчетов поля солнечного излучения в частотном интервале от 2000 до 50000 см<sup>-1</sup> и содержит 318 модельных каналов. С помощью тестовых расчетов показано, что обе параметризации обеспечивают хорошую точность расчетов.

Содержание диссертации достаточно полно отражено в опубликованных работах, которые написаны в соавторстве, в частности, и с научным руководителем. Личный вклад Е.А. Федотовой заключается в том, что она участвовала в физических и математических постановках задач, выборе методов решения, разработке численных методик решения и вычислительных алгоритмов, написала и отладила программы для ЭВМ, провела как методические, так и серийные расчеты на ЭВМ, участвовала в анализе полученных результатов и формулировке выводов по проведенным исследованиям.

В процессе работы над диссертацией Е.А. Федотова приобрела достаточно высокую квалификацию в области математического моделирования, численных методов и разработки комплексов программ для ЭВМ, а также получила ряд

новых важных научных результатов в области моделирования переноса излучения в атмосфере Земли. Эти результаты имеют большую практическую ценность и открывают новые возможности для моделирования общей циркуляции атмосферы Земли. Считаю, что Е.А. Федотова заслуживает присвоения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

И.о. директора ФГБНУ

Полярный геофизический институт,

доктор физ.-мат. наук

8 августа 2022 г.



И.В. Мингалев

Подпись И.В. Мингалева заверяю

зам. директора ФГБНУ Полярный геофизический

институт, кандидат физ.-мат. наук

8 августа 2022 г.

К.Г. Орлов