

## Отзыв

Коновалова Игоря Борисовича

на автореферат диссертации Борисова Данила Владимировича “Постпроцессинг численных прогнозов концентраций взвешенных частиц ( $PM_{10}$ ) и приземного озона ( $O_3$ ) с использованием моделей машинного обучения”, представленной на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате

В автореферате диссертации Д.В. Борисова представлен обзор выполненного автором диссертационного исследования, нацеленного на разработку методов машинного обучения для постобработки численных прогнозов загрязнения атмосферы, вырабатываемых химико-транспортной моделью. Приводится обоснование актуальности, научной новизны и высокой практической значимости рассмотренных задач. Большое внимание уделено демонстрации работоспособности и надежности разработанных методов, а также обсуждению факторов, которые в определенных условиях ограничивают их эффективность.

Актуальность выполненного исследования определяется, с одной стороны, высокой востребованностью методов, позволяющих надежно прогнозировать уровень загрязнения атмосферного воздуха в городских агломерациях, а с другой стороны – быстрым развитием методов машинного обучения (ММО) и их разнообразных приложений в атмосферных исследованиях. Широко применяемые численные прогнозы загрязнения воздуха на основе химико-транспортных моделей (ХТМ) равномерно покрывают большие территории, но при этом подвержены значительным неточностям, связанным с недостатками модельного описания источников загрязняющих примесей, их химических превращений и переноса. В то же время, прогнозы, вырабатываемые непосредственно на основе ММО, то есть с помощью статистических моделей, как правило, обладают относительно низкой пространственной репрезентативностью. Ранее в ряде работ было предложено нивелировать недостатки двух указанных подходов посредством статистической постобработки численных прогнозов. В этом контексте научная новизна диссертационной работы Д.В. Борисова связана, прежде всего, с тем, что в этой работе общая идея статистической постобработки результатов ХТМ была впервые последовательно реализована для улучшения численных прогнозов загрязнения атмосферы на территории всего московского региона. Основными задачами диссертационного исследования являлись разработка ММО для постобработки численных прогнозов концентраций озона ( $O_3$ ) и взвешенного вещества ( $PM_{10}$ ), а также верификация созданных ММО на независимых выборках имеющихся данных измерений концентраций указанных веществ в Москве и пригородах.

Судя по содержанию автореферата, эти и другие поставленные задачи были успешно решены. В частности, при использовании данных измерений концентраций на автоматических станциях контроля загрязнений атмосферы (АСКЗА) Данилу Владимировичу удалось создать уникальную и работоспособную нейросетевую систему постобработки численных прогнозов, вырабатываемых для московского региона современной ХТМ CHIMERE. В результате скрупулезного анализа, включающего в себя k-блочную валидацию и многократное повторение процесса обучения нейронных сетей с исключением из обучающей выборки станций, используемых для верификации, было показано, что созданная система позволяет существенно снизить ошибки численных прогнозов концентраций  $O_3$  и  $PM_{10}$  не только в тех ячейках модельной сетки, для которых имеются данные измерений, но и в гораздо более многочисленных ячейках, для которых

такие данные отсутствуют. Результаты работы, которые были опубликованы в виде 10 статей в научных журналах из списка ВАК, представляются не только интересными и научно значимыми, но и достаточно убедительными и достоверными.

В качестве замеченных недостатков автореферата следует отметить, в частности, отсутствие в нем важной информации об использованной версии XTM CHIMERE и способе задания граничных условий в ней. В автореферате также не указано, каким образом в рамках разработанных ММО обеспечивается обобщающая способность нейронных сетей (неясно, применялись ли для этого какие-либо известные способы регуляризации их обучения, например, ранняя остановка обучения). В описании результатов, представленных в таблицах 1 и 2, а также на рис. 1-6, не указана заблаговременность прогнозов. Кроме того, обращает на себя внимание отсутствие в автореферате списка цитированной литературы (кроме списка публикаций автора диссертации). Указанные недостатки имеют в основном технический характер и не снижают высокой научной и практической значимости описанного исследования.

Все вышесказанное свидетельствует о том, что диссертационная работа Д.В. Борисова является оригинальным и законченным научным исследованием, результаты которого имеют высокую практическую значимость и в достаточной мере отражены в публикациях в известных рецензируемых научных журналах. Таким образом, судя по автореферату, диссертация Д.В. Борисова "Постпроцессинг численных прогнозов концентраций взвешенных частиц ( $PM_{10}$ ) и приземного озона ( $O_3$ ) с использованием моделей машинного обучения" полностью соответствует критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к соискателям степени кандидата наук, а ее автор безусловно заслуживает присуждения ему искомой ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате.

Доктор физ.-мат. наук, профессор РАН,  
ведущий научный сотрудник  
отдела физики атмосферы и микроволновой  
диагностики Федерального государственного  
бюджетного научного учреждения  
«Федеральный исследовательский центр  
Институт прикладной физики им. А.В.  
Гапонова-Грехова Российской академии наук  
(ИПФ РАН)»  
603950, г. Н. Новгород, ул. Ульянова, д. 46  
Email: konov@ipfran.ru  
Тел. (831)4164902

И.Б. Коновалов  
19 мая 2025 г.

подпись И.Б. Коновалова заверяю  
Ученый секретарь ИПФ РАН  
кандидат физ.-мат. наук

И.В. Корюкин

Я, Коновалов Игорь Борисович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

И.Б. Коновалов 19 мая 2025 г.