

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Лазаревой Елены Олеговны «ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИНОПТИЧЕСКИХ СИТУАЦИЯХ», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле)

### 1. Актуальность темы диссертации.

В настоящее время геоэкологические проблемы приобретают огромное значение, и наиболее явно они выражены в мегаполисах. Проблема загрязнения атмосферного воздуха крупных городов является одной из наиболее приоритетных геоэкологических проблем.

Интерес к проблемам загрязнения атмосферного воздуха возник в середине XX века, что инициировало исследования данного направления в различных странах мира. Вместе с тем следует вспомнить, что в рассматриваемом вопросе еще немало «белых» пятен.

Изменение климата требует анализа для выработки мер, направленных на улучшение качества экологической обстановки. Как отмечает автор «погодно-климатический режим Санкт-Петербурга последнего десятилетия отличается своей неустойчивостью, что неоднократно упоминалось в научной литературе, поэтому актуальность темы обусловлена необходимостью разработки уточнений к существующему методу прогнозирования рассеивания примесей для Санкт-Петербурга».

Отсюда, как указывает в диссертационной работе Е.О. Лазарева, изучение современного состояния загрязнения атмосферного воздуха города Санкт-Петербурга является *важной задачей*, имеющей народно-хозяйственное значение, что во многом *актуализирует* тему рецензируемого научного исследования, выполненного в рамках паспорта специальности 25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле).

### 2. Общая характеристика работы.

Диссертация Е.О. Лазаревой – это научно-квалификационная работа, нацеленная на анализ вклада метеорологических условий и характерных синоптических ситуаций в формирование уровня загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга, разработку комплекса уточнений к прогнозу загрязнения.

В число наиболее важных задач работы входят определение перечня параметров, характеризующих состояние атмосферного воздуха, формирование базы исходных данных метеорологических величин для последующих статистического и физического анализа, проведение комплекса расчетов и формулирование комплекса уточнений к прогнозу загрязнения атмосферного воздуха.

Диссертация состоит из введения, содержит 5 глав, заключение, список литературы и 2 приложения. Общий объем работы составляет 144 страницы.



Основной текст изложен на 115 страницах и включает 30 рисунков и 21 таблицу. Список использованных источников включает 115 наименований, в том числе 20 иностранных. Имеется 2 приложения на 11 страницах.

Во *введении* обоснована актуальность темы диссертации, освещено современное состояние проблемы, сформулированы цель и задачи исследования.

В *первой главе* автором рассмотрены основные направления исследований загрязнения атмосферы с середины XX века до настоящего времени, как в России, так и за рубежом.

Особое внимание уделяется исследованиям коллектива Главной Геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (ГГО), у истоков которых стоят М.Е. Берлянд, Л.Р. Сонькин, Э.Ю. Безуглая. Выполненные исследования позволили разработать модели и соответствующие им нормативные документы по расчету загрязнения атмосферы, в том числе, действующую Методику ОНД-86 от 1987 г., а также РД 52.04.306-92 «Охрана природы. Атмосфера. Руководство по прогнозу загрязнения воздуха» от 1993 г.

Приведены основные направления и методы прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха: метод распознавания образов, последовательной графической регрессии, линейного регрессионного анализа. Методы прогнозирования загрязнения воздуха основаны на результатах анализа влияния метеорологических и синоптических условий на концентрации примесей. Серьезное внимание уделяется выбору предикторов. Описаны факторы, определяющие по мнению автора формирование уровня загрязнения атмосферы. Главными из них являются направление и скорость переноса примесей, атмосферная устойчивость, термическое состояние воздушной массы, вымывание примесей осадками, аккумуляция примесей в туманах, инерционный фактор. В качестве предиктантов применяются интегральные показатели загрязнения воздуха в городе, в частности, параметр Р.

В результате Е.О. Лазарева делает вывод, что одним из актуальных направлений деятельности является расширение работ в области мониторинга и прогноза загрязнения атмосферы, которое частично реализовано в диссертации.

Во *второй главе* особое внимание уделено таким климатообразующим факторам, как солнечная радиация, циркуляция атмосферы, рельеф местности.

В течение всего года в Санкт-Петербурге преобладает западный перенос воздушных масс и циклонических образований из районов Атлантического океана, формируя в городе климат с хорошо выраженными морскими чертами.

Почти вся территория Санкт-Петербурга расположена в области Приневской низины, где рельеф имеет ступенчатый характер. Особенности подстилающей поверхности оказывают влияние на облачность, влажность, осадки, тепловой и ветровой режим города. На распространение



антропогенных примесей в атмосферном воздухе города оказывают влияние особенности городской застройки, характеризующейся высокой плотностью, небольшими размерами кварталов и компактностью внутриквартальных пространств.

Диссертантом выполнен подробный анализ тенденций многолетнего хода основных метеорологических элементов. Установлено, что диапазон изменения атмосферного давления составляет от 953.8 до 1064.3 гПа со среднегодовым значением в 1012.8 гПа. Среднегодовое значение температуры воздуха составляет  $+5.0^{\circ}\text{C}$ , при этом самым холодным месяцем является февраль, а самым тёплым – июль. В районах городского «острова тепла» (Центральный и Адмиралтейский районы) температура воздуха в среднем на  $0.5 - 1.0^{\circ}\text{C}$  выше, чем в остальных. Ветровой режим города характеризуется средней скоростью 2 – 4 м/с, западного, южного и юго-западного направлений совокупная повторяемость которых за год превышает 50 %. В Санкт-Петербурге значения относительной влажности составляют примерно 70 – 90 %. Автором отмечено, что с понижением температуры воздуха, значения относительной влажности повышаются, таким образом максимальные значения влажности приходятся на зимний период, минимальные – на летний. Обратным, в годовом ходе, является распределение осадков (максимальное количество – август; минимальное март), выпадающих часто, в количестве в среднем 510 – 557 мм за год, что ведет к очищению атмосферы от загрязняющих веществ. Явление – туман, способствующее накоплению загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, наблюдается, в среднем 29 дней в году, при этом на холодный период приходится 72 % их общего количества.

Е.О. Лазарева делает вывод о неблагоприятных условиях для распространения примесей в атмосфере города (особенно для Центрального и Адмиралтейского районов), создаваемых комплексно описанными характеристиками.

*Третья глава* посвящена описанию архивов исходных данных метеорологических характеристик. Сформирован архив погодных условий за период с 2006 по 2014 гг по данным станции 26063. Данный архив включает характеристики, оказывающие воздействие на формирование уровня загрязнения атмосферного воздуха: атмосферное давление, температура и относительная влажность воздуха, значение температуры точки росы, скорость и направление ветра у земли, высота нижней границы облаков, значение дальности видимости, атмосферные осадки и метеорологические явления.

По данным радиозондирования атмосферы (за сроки 00:00 и 12:00 UTC), выполняемого на станции Воейково, составлен архив данных о вертикальном распределении температуры, давления, влажности воздуха и ветра. Полученные данные позволяют определить наличие явления температурной инверсии для оценки вклада этого явления в формирование уровня загрязнения атмосферного воздуха.



По данным архива карт приземных барических образований сформирована база посуточных синоптических ситуаций, оказывающих существенное влияние на формирование уровня загрязнения атмосферного воздуха, за период с 2006 по 2014 гг.

Диссертантом отмечено снижение повторяемости циклонических образований после 2010 г. на фоне роста повторяемости антициклонических образований, что совпадает с увеличением среднегодовых значений атмосферного давления после 2010 г. и способствует накоплению загрязняющих веществ в атмосфере города. Построены авторские графики для облегчения анализа информации.

Е.О. Лазарева выполнила анализ годового хода, а также межгодовой изменчивости рассматриваемых метеорологических характеристик. Ею установлено, что накоплению загрязняющих веществ в воздухе Санкт-Петербурга последнего десятилетия способствуют рост значений температуры воздуха, снижение скоростей ветра и увеличение повторяемости ветров северо-восточного направления. По мнению автора, снижение повторяемости туманов благоприятно влияет на состояние атмосферы, а её очищению способствуют осадки, количество которых за исследуемый период выросло относительно многолетней нормы.

Особое внимание уделено явлению температурной инверсии. Приведены факторы возникновения и характеристики явления. Общая классификация явления по высоте включает приземные и приподнятые инверсии.

Выполненный анализ данных радиозондирования за исследуемый период позволил визуализировать годовой ход явления инверсии с помощью рисунка.

Диссертантом установлено, что в среднем, инверсии наблюдаются ежемесячно. Высокая повторяемость явления приземной инверсии вызвана: преобладанием антициклонической кривизны изобар летом, адвекцией тепла в зимний период. Соотношение между видами инверсий противоположно, явление приподнятой инверсии в теплый период характеризуется инверсиями оседания, в холодный период – фронтальными инверсиями.

Для определения синоптических ситуаций последнего десятилетия по соотношению степени воздействия комплекса метеорологических характеристик на уровень загрязнения атмосферного воздуха автором выполнена типизация синоптических ситуаций г. Санкт-Петербург, путём анализа данных синоптических ситуаций и погодных условий.

В результате диссертант выделил в осенне-зимний период 5 типов погодообразующих синоптических ситуаций, а в весенне-летний 4 типа.

Е.О. Лазаревой выявлено возрастание повторяемости антициклонов и присущих им радиационных туманов, слоёв инверсии, что способствует усилению накопления антропогенных примесей в атмосферном воздухе Санкт-Петербурга.



В *четвертой главе* рассмотрены основные источники загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга, показана и обоснована роль автотранспорта, как основного источника загрязнения атмосферного воздуха.

Особое внимание уделено организации мониторинга состояния атмосферного воздуха. Диссертант указывает, что наблюдения за состоянием атмосферного воздуха проводятся на 10 стационарных постах, расположенных в 8 административных районах города, 4 раза в сутки (01:00, 07:00, 13:00, 19:00). Ответственной организацией является ФГБУ «Северо-Западное УГМС».

По данным мониторинга Е.О. Лазаревой были сформированы архивы исходных данных загрязненности атмосферы Санкт-Петербурга, представленные в виде среднемесячных и максимальных за месяц концентраций по загрязняющим веществам за период с 1980 по 2012 гг. (критерий оценки уровня загрязнения – ПДК)), а также срочных данных комплексного параметра Р за период с 2006 по 2014 гг.

Для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга выполнены: анализ годового хода загрязняющих веществ (оксид углерода, диоксид азота, взвешенные вещества) за период времени с 1980 по 2012 гг. и анализ годового хода параметра Р за период с 2006 по 2014 гг.

В результате анализа годового хода уровня загрязнения атмосферного воздуха за период с 1980 по 2014 гг. диссертантом отмечен теплый период года как период с наибольшим загрязнением.

Для оценки динамики уровня загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга автором выполнены анализ межгодовой изменчивости загрязняющих веществ (оксид углерода, диоксид азота, взвешенные вещества) за период времени с 1980 по 2012 гг. и анализ межгодовой изменчивости параметра Р за период с 2006 по 2014 гг.

В результате анализа межгодовой изменчивости указанных соединений определены синоптические ситуации, способствующие накоплению антропогенных примесей в воздухе Санкт-Петербурга, в частности для диоксида азота (1998 г) и для взвешенных веществ (2002г) следующие: пребывания территории города в зоне тёплого сектора циклона; установление антициклонального режима.

Изучение межгодовой изменчивости параметра Р за период с 2006 по 2014 гг. по Санкт-Петербургу позволило автору выявить 2006, 2009 и 2012 гг. как наиболее загрязненные и отметить резкий спад загрязнённости воздуха после 2012 гг. В работе дан подробный анализ причин поведения антропогенных примесей как в годовом ходе, так и в межгодовой динамике; показаны синоптические ситуации, влияющие на накопление антропогенных примесей в воздухе Санкт-Петербурга.

В *пятой главе* выполнена детальная оценка вклада комплекса метеорологических условий и типичных синоптических ситуаций в распространение антропогенных примесей воздушной среды Санкт-Петербурга, по данным за период с 2006 по 2014 гг.



Диссертантом определено, что в годовом ходе 40 % случаев загрязнения воздуха Санкт-Петербурга приходится на холодный период, а 60 % – на тёплый. Автор указывает, что для всех сезонов выявлено повышение уровня загрязнения с понижением скорости ветра и повышением высоты нижней границы облаков. Для холодного периода повышение уровня загрязнения сопровождается понижением температуры воздуха, для тёплого – повышением. Установлено, что строго юго-западное направление ветра способствует очищению воздушного бассейна. Отмечена зависимость уровня загрязнения от наличия явления температурной инверсии (происходит повышение загрязнения с увеличением повторяемости инверсии).

Регрессионный анализ, выполненный автором, показал значимое влияние предикторов от 41 до 67 %, из них 38 – 67 % (в зависимости от анализируемой выборки) приходится на инерционный фактор, что говорит о ведущей роли инерционного фактора при прогнозировании состояния атмосферного воздуха.

Данный результат позволил Е.О. Лазаревой сделать вывод о том, что метеорологические переменные для г. Санкт-Петербург за время 2006 – 2014 гг. не вносили значительного линейного влияния на уровень загрязнения атмосферного воздуха.

Поиск зависимостей уровня загрязнения атмосферного воздуха от синоптической ситуации показал, что формирование высокого и повышенного уровня загрязнения наиболее часто встречается при влиянии. Другими опасными синоптическими ситуациями являются: для холодного периода – циклоны и антициклоны с севера; для тёплого – циклон с юго-запада. Относительное очищение атмосферного воздуха происходит при распространении на территории города Атлантического циклона.

По достигнутым результатам, в завершении выполненного исследования, сформулированы правила для уточнения основного метода прогнозирования распространения антропогенных примесей в атмосфере крупных городов.

В заключении приведены основные выводы и результаты исследования.

### 3. Выносимые на защиту научные результаты.

*Новые научные результаты*, выносимые автором на защиту:

- Впервые дан детальный анализ динамики изменения концентраций загрязняющих веществ, а также уровня загрязнения атмосферного воздуха, нормированного по параметру Р в г. Санкт-Петербург во времени и с учетом особенностей погодных условий.
- Выполнена типизация синоптических ситуаций г. Санкт-Петербург, позволяющая впервые выделить синоптические ситуации последнего десятилетия по соотношению степени воздействия комплекса метеорологических характеристик на уровень загрязнения атмосферного воздуха.



- Вывод о том, что малоградиентное барическое поле (МГБП), вносит основной вклад в формирование повышенного и высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха г. Санкт-Петербург последнего десятилетия.
- Разработана схема уточнения основной модели прогнозирования распространения антропогенных примесей в атмосфере крупных городов.

#### 4. Достоверность полученных научных результатов.

Обоснованность и достоверность сформулированных в диссертации научных результатов и выводов обеспечивается опорой на апробированные методы математического анализа, математической статистики, а также, положительными результатами их практического использования и корректностью аналитических и численных методов исследования.

Кроме того, достоверность полученных научных результатов подтверждается апробацией и публикациями по теме диссертации. Результаты исследований докладывались и обсуждались на конференции в рамках III Международного полярного года (2008), на итоговых сессиях ученого Совета РГГМУ (2011, 2015), на третьем молодежном экологическом конгрессе «Северная Пальмира» (2011), на VII всероссийском метеорологическом съезде «Обеспечение гидрометеорологической безопасности России в условиях меняющегося климата» (2014).

По теме диссертации опубликовано 7 работ, в том числе 3 – в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

#### 5. Теоретическая и практическая значимость результатов исследования.

Теоретическая значимость работы состоит в разработке оригинальной схемы уточнения основной модели прогнозирования распространения антропогенных примесей в атмосферном воздухе, что на практике позволяет повысить оправдываемость прогноза загрязнения атмосферного воздуха на основе стандартной метеорологической информации для Санкт-Петербурга. С практической точки зрения результаты работы могут быть полезны следующим организациям: Федеральному государственному бюджетному учреждению «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ФГБУ «Северо-Западное УГМС»); Главной геофизической обсерватории имени А.И. Воейкова (ФГБУ «ГГО»), Комитету по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности.

#### 6. Соответствие диссертации предъявляемым требованиям.

Согласно формуле научной специальности 25.00.36 «основной задачей геоэкологии, как междисциплинарного научного направления, является изучение изменений жизнеобеспечивающих ресурсов геосферных оболочек под влиянием природных и антропогенных факторов, их охрана, рациональное использование и контроль с целью сохранения для нынешних и будущих поколений продуктивной природной среды». Указанные выше положения нашли отражение в данной диссертационной работе, так как рассмотрены аспекты изменения химического состава воздуха атмосферы как основной геосферной оболочки. Также диссертация соответствует паспорту



специальности 25.00.36 «Геоэкология (Науки о Земле)» по пункту 1.12. «геоэкологический мониторинг и обеспечение экологической безопасности, средства контроля», так как в рамках данной работы изучена динамика рассеивания антропогенных примесей воздушной среды крупных городов с целью выработки мер для сохранения качества атмосферного воздуха.

Полученные автором диссертационной работы научные результаты, по мнению автора отзыва, в значительной степени соответствуют пунктам 1.10 (разработка научных основ рационального использования и охраны воздушных ресурсов Земли), 1.12 (геоэкологический мониторинг и обеспечение экологической безопасности, средства контроля) и 1.18 (научное обоснование государственного нормирования и стандартов в области геоэкологических аспектов природопользования) паспорта специальности 25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле) и требованиям п. 9 Положения ВАК Минобрнауки России.

Сформулированная соискателем тема, выводы и результаты изложены в определенной логической последовательности, тематически взаимосвязаны друг с другом. Диссертация оформлена в традиционном плане и включает введение, пять глав, заключение, библиографический список и 2 приложения.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертационной работы.

По теме диссертации опубликованы 8 работ (в том числе 3 в ведущих рецензируемых ВАК научных изданиях).

#### 7. Замечания по содержанию, оформлению диссертации.

1. В тексте диссертации присутствуют описки, стилистические погрешности.

2. Автор диссертации использует в работе термин «скачок температуры» (п. 2.3.3, стр. 50). По мнению оппонента, корректнее было бы использовать общепринятый термин «интенсивность инверсии».

3. В третьей главе автор диссертационной работы приводит временной ход повторяемости синоптических ситуаций и среднегодовых значений атмосферного давления за исследуемый период времени (рис. 3.5, стр. 63). Каким образом сопоставление синоптических ситуаций и атмосферного давления способствует достижению главной цели исследования – улучшению прогноза загрязнений?

4. Как известно, критерием оценки качества воздуха служат установленные Минздравсоцразвитием ПДК. В тексте диссертации не показано каким образом автор выполнил нормирование концентраций загрязняющих веществ на ПДК. В качестве научной дискуссии было бы интересно уточнить этот вопрос.

5. На территории г. Санкт-Петербург в автоматическом режиме функционируют станции, где с периодичностью в 20 минут предоставляется информация об уровне загрязнения атмосферного воздуха города основными загрязняющими веществами. Эксплуатацию станций осуществляет предприятие "Специализированная фирма "Минерал". Используются ли описанные выше данные при написании диссертационной работы?



6. В разделе 4.3.1 автор диссертационной работы исследует причины высоких концентраций диоксида азота в атмосферном воздухе города (стр. 79). По мнению оппонента, следовало бы более чётко их сформулировать.

Обобщая вышесказанное, можно сделать вывод о том, что выполненное Лазаревой Еленой Олеговной исследование является законченной научно-квалификационной работой, позволившей автору разработать уточнения к существующему методу прогнозирования рассеивания примесей для Санкт-Петербурга. Все вышеуказанное можно трактовать как разработку теоретических положений, совокупность которых можно классифицировать как решение задачи, имеющей существенное значение для соответствующей отрасли знаний – «Науки о Земле».

Выполненный автором труд имеет научное и практическое значение и соответствует уровню диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата наук. Приведенные в диссертации результаты являются новыми и отражают всю совокупность проведенных автором исследований.

Достоверность результатов определяется достаточным количеством использованного материала наблюдений, обобщенных автором, опытом применения разработанной модели для практической реализации обозначенных задач. Публикации соответствуют заявленной теме исследования.

На основании изложенного считаю, что диссертация Лазаревой Елены Олеговны «ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИНОПТИЧЕСКИХ СИТУАЦИЯХ» соответствует требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям и паспорту специальности, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле).

Доцент кафедры Маркетинга и социальных коммуникаций института гуманитарных и социальных наук Санкт-Петербургского академического университета к.ф.-м.н., доцент  В.И. Акселевич

25.04.2016 г.

Акселевич Виталий Иосифович, кандидат физико-математических наук, доцент, научная специальность 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология, Санкт-Петербургский академический университет, 190103, Санкт-Петербург, Лермонтовский пр, д.44, Лит.А, Кафедра маркетинга и социальных коммуникаций, (812) 575 -02-78, kafedra.misk@mail.ru

