

УТВЕРЖДАЮ
Директор ФГБУ «ГГО»
В.М. Катцов

«5» октября 2018 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения
«Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова»

на диссертацию Попова В.Б. «Метод восстановления полей осадков по наземным и радиолокационным данным с высоким пространственно-временным разрешением для территории Санкт-Петербурга», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.30 – «Метеорология, климатология, агрометеорология».

Диссертация Попова В.Б. «Метод восстановления полей осадков по наземным и радиолокационным данным с высоким пространственно-временным разрешением для территории Санкт-Петербурга» по специальности 25.00.30 – «Метеорология, климатология, агрометеорология» подготовлена в федеральном государственном бюджетном учреждении «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова» Росгидромета (ФГБУ «ГГО»). В период подготовки диссертации Попов В.Б. обучался в очной аспирантуре ФГБУ «ГГО». В 2018 окончил аспирантуру по специальности 25.00.30 – «Метеорология, климатология, агрометеорология».

Научный руководитель – Тарабукин Иван Алексеевич, кандидат физико-математических наук, заведующий отделом геофизического мониторинга и исследований федерального государственного бюджетного учреждения «Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова».

Диссертация выполнена на актуальную тему, посвященную восстановлению поля характеристик атмосферных осадков на основе комбинирования радиолокационных и наземных измерений с высоким пространственно-временным разрешением. Для восстановления часовых сумм осадков использовался метод интерполяции невязки (разницы между радиолокационными и станционными измерениями). Показаны преимущества и недостатки данного метода по сравнению с методом интерполяции осадков и радиолокационным методом. Предложена методика восстановления поля интенсивности осадков на основе динамического подбора коэффициентов

уравнения Маршалла-Пальмера. Данная методика была использована при исследовании слияния конвективных облаков.

Актуальность. Сфера применения данных о пространственной структуре осадков чрезвычайно широка. В первую очередь это расчеты, связанные с проектированием и работой городских канализационных сетей. Решение целого ряда гидрологических и сельскохозяйственных задач, в частности, расчет стока и прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур, исследования влияния осадков на эрозию почв существенно зависят от информации о поле осадков.

Хотя сведения об осадках нужны во многих отраслях экономики, в настоящее время существует крайне мало оперативно-действующих схем расчета полей осадков, особенно с высоким пространственно-временным разрешением. Это связано прежде всего с тем, что осадки являются очень изменчивой в пространстве и времени метеорологической характеристикой.

С целью повышения точности определения количества атмосферных осадков, выпавших на территории Санкт-Петербурга и ближайших пригородов, ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» была создана сеть для измерения количества атмосферных осадков АИС «Осадки». Сеть включает в себя 34 датчика атмосферных осадков ОТТ Pluvio² 200. От каждого датчика поступает информация о накопленном количестве выпавших атмосферных осадков раз в пять минут в оперативном режиме.

Ещё одним средством оценки характеристик атмосферных осадков является метеорологический радиолокатор «ДМРЛ-С», расположенный в 10 км от Санкт-Петербурга.

Наличие таких средств оценки осадков на одной территории позволяет провести исследование по комбинированию данных наблюдений для восстановления полей количества осадков в данном регионе с наименьшей погрешностью.

В диссертационной работе лично автором получены следующие **результаты:**

1. Проведен обзор различных методов объединения радиолокационных данных и измерений плювиографов для восстановления пространственной структуры количества осадков с высоким пространственно-временным разрешением. Выбран метод интерполяции осадков, как наиболее подходящий для восстановления поля количества осадков на территории Санкт-Петербурга и ближайших пригородов по данным радиолокатора «ДМРЛ-С» и сети плювиографов АИС «Осадки».

2. Проведен анализ пространственной структуры количества осадков и невязки радиолокационных и стационарных оценок осадков. Показано, что среднее и стандартное отклонение этих величин неоднородно в пространстве, для невязки также неоднородны во времени. Был сделан вывод, что на данный

момент для интерполяции количества осадков и невязки лучше использовать детерминистические методы пространственной интерполяции, а не геостатистические.

3. Для радиолокатора «ДМРЛ-С» и сети плювиографов АИС «Осадки» подобраны параметры трех основных методов восстановления полей осадков: по данным радиолокатора, с помощью пространственной интерполяции измерений плювиографов и на основе комбинирования данных этих измерителей.

4. Показано, что метод интерполяции осадков лучше всего воспроизводит морозящие осадки, обложные осадки со сложной ячеистой структурой воспроизводятся всеми методами примерно одинаково, преимущества комбинированного метода особо выражены при восстановлении поля конвективных осадков.

5. Проведена оценка повторяемости площадей и среднего потока осадков конвективных пятен, которая показала, что по измерениям только имеющейся сети плювиографов удастся обнаружить меньшую часть наиболее интенсивных пятен осадков.

6. Предложена методика восстановления полей интенсивности осадков по результатам радиолокационных измерений. Она основана на динамическом подборе коэффициентов уравнения Маршалла-Пальмера. Данная методика использовалась при исследовании характеристик осадков при слиянии конвективных облаков.

Достоверность результатов обеспечивается всесторонним анализом предшествующих научных работ в области комбинирования радиолокационных и наземных измерений, корректностью постановки научной задачи исследования, оценкой качества восстановленных полей апробированным методом перекрестной проверки, корректным использованием радиолокационных и наземных данных для формирования исходной выборки, а также тем, что полученные результаты согласуются с результатами других независимых исследований по данной тематике.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Проанализирована пространственная структура количества осадков за час и невязок станционных и радиолокационных измерений для территории СПб и ближайших пригородов. Получены радиусы корреляции этих характеристик.

2. Впервые для территории СПб и ближайших пригородов был адаптирован метод восстановления поля количества часовых осадков с высоким пространственным разрешением на основе интерполяции невязки (разницы между радиолокационными и станционными измерениями). Показаны преимущества и недостатки данного метода по сравнению с методом интерполяции осадков и радиолокационным методом.

3. Проведено исследование пятен конвективных осадков, выпавших за час на территории СПб и ближайших пригородов. Результаты анализа показали, что на основе только данных относительно густой сети АИС «Осадки» удается обнаружить лишь меньшую часть всех пятен.

4. Разработана новая методика восстановления полей интенсивности осадков на основе динамического подбора коэффициентов уравнения Маршалла-Пальмера. С помощью этой методики удалось определить изменение максимальной интенсивности и потока осадков при слиянии конвективных облаков для территории СПб и ближайших пригородов.

Теоретическая значимость.

1. Проведенное исследование позволяют более полно использовать радиолокационные и наземные наблюдения для оценки характеристик атмосферных осадков с высоким временным и пространственным разрешением.

2. Разработанная методика восстановления поля интенсивности осадков может быть использована для исследования развития облаков и процессов осадкообразования.

Практическая значимость.

Адаптированный метод интерполяции невязки может быть использован в оперативной практике для оптимизации работы инфраструктуры Санкт-Петербурга. В первую очередь, это относится к системам водоотведения и автодорожным службам. А также, восстановленные поля количества осадков могут быть использованы в задачах краткосрочного прогноза погоды.

Личный вклад автора. Автор принимал непосредственное участие в подготовке и обработке исходных материалов, адаптации и разработке методик, анализе и обобщении полученных результатов, создании программного обеспечения и базы данных.

Апробация работы.

Материалы диссертации докладывались:

- на рабочем совещании ФГБУ «ЦАО», посвященном развитию единой радиолокационной сети Росгидромета в 2016 году;
- на итоговой сессии ученого совета ФГБУ «ГГО» в 2017 году;
- на семинарах аспирантуры ФГБУ «ГГО» (2015-2018 гг.).

Также, на основе материалов диссертации автор стал победителем двух грантов Правительства Санкт-Петербурга для студентов вузов, расположенных на территории Санкт-Петербурга, аспирантов вузов, отраслевых и академических институтов, расположенных на территории Санкт-Петербурга, в 2016 и 2017 годах.

Публикации

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК для публикации основных результатов диссертационных исследований:

1. *Е. В. Дорофеев, М. В. Львова, В. Б. Попов, И. А. Тарабукин.* Использование сопоставления метеорологических радиолокационных данных с целью относительной калибровки метеорологических радиолокаторов. - Труды ГГО, 2014, вып. 572, г. с. 153—161.

2. *В. Б. Попов, А. А. Синькевич.* Исследование слияния конвективных облаков на северо-западе России. — Труды ГГО, 2017, вып. 585, с. 39—55.

3. *А.А. Синькевич, В.Б. Попов, И.А. Тарабукин и др.* Изменения характеристик конвективных облаков и выпадающих осадков при слиянии облаков. — Метеорология и гидрология, 2018, № 8, с. 19—32.

Авторские свидетельства о регистрации интеллектуальной собственности:

4. Программа для ЭВМ «СПО ПАС «Метеонаблюдатель». Номер регистрации (свидетельства): 2013619335 от 20.12.13.

5. Программа для ЭВМ «Временной ход радиолокационной отражаемости и интенсивности осадков» Номер регистрации (свидетельства): 2015660235 от 20.10.15.

6. База данных «Атмосферные осадки». Номер регистрации (свидетельства): 2015621482 от 20.10.15.

Производственно-техническая документация:

7. Производство метеорологических радиолокационных наблюдений с применением ДМРЛ-С на сети Росгидромета в целях штормоповещения и метеообеспечения авиации. Методическое письмо. — СПб: ООО «Д' АРТ», 2014, 177 с.

8. Методическое письмо об итогах работы в 2013 году функционирующей сети «МРЛ-Штормоповещения» и сети «ДМРЛ-С», создаваемой в рамках ФЦП.

9. Методическое письмо об итогах работы в 2014 году сети «МРЛ-Штормоповещения» Росгидромета.

10. Методическое письмо об итогах работы в 2015 году сети «МРЛ-Штормоповещения» Росгидромета.

11. Методическое письмо об итогах работы в 2016 году сети «МРЛ-Штормоповещения» Росгидромета.

Вывод: Полученные автором результаты обладают новизной и достоверностью, выводы научно обоснованы и логичны. Научные результаты диссертации соответствуют пунктам 6, 8 и 13 паспорта научной специальности 25.00.30 – «Метеорология, климатология, агрометеорология». Материалы исследования подробно изложены в 3 опубликованных работах в рецензируемых ВАК научных изданиях и 5 производственно-технических документах. Диссертантом получено два Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ и одно Свидетельство о государственной регистрации базы данных. По материалам диссертации получены два гранта Правительства Санкт-

Петербурга. Результаты исследования обсуждались на рабочем совещании ФГБУ «ЦАО», на итоговой сессии ученого совета ФГБУ «ГГО», а также на семинарах аспирантуры ФГБУ «ГГО».

Диссертационная работа В.Б. Попова «Метод восстановления полей осадков по наземным и радиолокационным данным с высоким пространственно-временным разрешением для территории Санкт-Петербурга» соответствует требованиям пунктов 9, 10, 11 «Положения о присуждении ученой степени» ВАК РФ от 24.09.2013 №842 (ред. от 28.07.2017), предъявляемым к кандидатским диссертациям. Текст диссертации представляет собой самостоятельную научно-квалифицированную работу, выполненную на актуальную тему и имеющую большое теоретическое и практическое значение. В диссертации отсутствует заимствованный материал без ссылок на автора и источник заимствования.

Диссертация В.Б. Попова «Метод восстановления полей осадков по наземным и радиолокационным данным с высоким пространственно-временным разрешением для территории Санкт-Петербурга» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.30 – «Метеорология, климатология, агрометеорология».

Заключение принято на заседании Ученого Совета ФГБУ «ГГО» 5 октября 2018 года. Присутствовало 22 человека. Результаты голосования: «за» - 22 чел., «против» - нет, «воздержалось - нет, протокол № от 5.10.2018 г.

Главный научный сотрудник отдела геофизического мониторинга и исследований ФГБУ «ГГО»

Доктор технических наук

А.А. Синькевич