

Некоторые результаты натуральных испытаний оптического измерителя осадков

В.В. Кальчихин, А.А. Кобзев, В.А. Корольков, А.А. Тихомиров*

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3*

Поступила в редакцию 29.01.2018 г.

Представлены наиболее характерные результаты измерений параметров атмосферных осадков, полученные в период с июня по октябрь 2016 г. на метеоплощадке ИМКЭС СО РАН с использованием оптического осадкомера ОПТИОС. Приведены распределения частиц по размерам для осадков различных видов. Проведено сравнение результатов измерения интенсивности и количества осадков с данными, полученными с помощью традиционных осадкомеров.

Ключевые слова: оптический осадкомер, распределение частиц осадков по размерам, вид осадков, интенсивность осадков, количество осадков; optical precipitation gauge, particle size distribution, precipitation type, precipitation intensity, total rainfall.

Оптический измеритель атмосферных осадков, созданный авторами [1–3] на основе метода получения и обработки теневых изображений падающих частиц и предназначенный для измерения микроструктурных и интегральных характеристик осадков, после многолетних испытаний и калибровок был модифицирован до варианта ОПТИОС [4] путем доработки его схемных решений и программного обеспечения [5].

В настоящей работе представлены наиболее характерные результаты измерений параметров атмосферных осадков, полученные в период с июня по октябрь 2016 г. на метеоплощадке ИМКЭС СО РАН (восточная окраина г. Томска) и демонстрирующие возможности ОПТИОС.

Рис. 1, а показывает распределение по размерам $N(D)$ капель ливневого дождя, выпавшего 15 июня 2016 г. с 18:45 до 19:20 местного времени. За этот временной интервал зарегистрировано 6612 капель, прошедших через измерительную площадку прибора. Средняя интенсивность дождя составила 20 мм/ч при максимальной интенсивности ~50 мм/ч. Данное распределение может быть описано одновершинной кривой с максимумом в области диаметров частиц (D) 1,0–1,5 мм.

На рис. 1, б приведено распределение по размерам, полученное для частиц снега, выпавшего 11 октября 2016 г. в период 17:10–19:16 (зарегистрировано 3637 частиц). Особенность данного распределения — большое количество снежных частиц

размерами до 2 мм. Более подробно результаты измерения характеристик снеговых осадков с помощью ОПТИОС описаны в [6].

Рис. 1, в представляет распределение частиц по размерам при осадках в виде дождя, сопровождавшегося градом. Данные получены 9 июля 2016 г. в период 18:49–18:52 (зарегистрировано 1267 частиц). Кривая распределения частиц сохранила форму, характерную для крупных капель дождя с максимумом в области 1,5 мм, при этом она имеет пологое продолжение в область более крупных частиц и не ограничивается диапазоном размеров частиц жидких осадков. Таким образом, ОПТИОС успешно регистрирует осадки, выпадающие в виде града, что хорошо согласуется с оценками [7].

На рис. 1, г показано распределение $N(D)$ для так называемого мокрого снега — явления, которое считается наиболее сложным для автоматического распознавания измерительным прибором. Этот вид осадков наблюдается при положительной и близкой к нулевой температуре окружающего воздуха и характеризуется одновременным выпадением снежинок и капель дождя. Результаты получены 10 октября 2016 г. с 10:00 до 12:10 (зарегистрировано 11534 частицы). Гистограмма представляет собой типичное экспоненциальное распределение с большим количеством мелких частиц и относительно малым — крупных. Распределение частиц осадков по размерам для мокрого снега трудноотличимо от некоторых случаев выпадения ледяных кристаллов и снежных хлопьев. Для повышения достоверности определения вида выпадающих атмосферных осадков необходимо учитывать скорости падения частиц и температуру воздуха. Подробно вопросы, касающиеся оценки скоростей падения частиц осадков, были рассмотрены в [8].

* Владимир Викторович Кальчихин (vvk@imces.ru); Алексей Анатольевич Кобзев (kaa@imces.ru); Владимир Александрович Корольков (kor@imces.ru); Александр Алексеевич Тихомиров (tikhomirov@imces.ru).

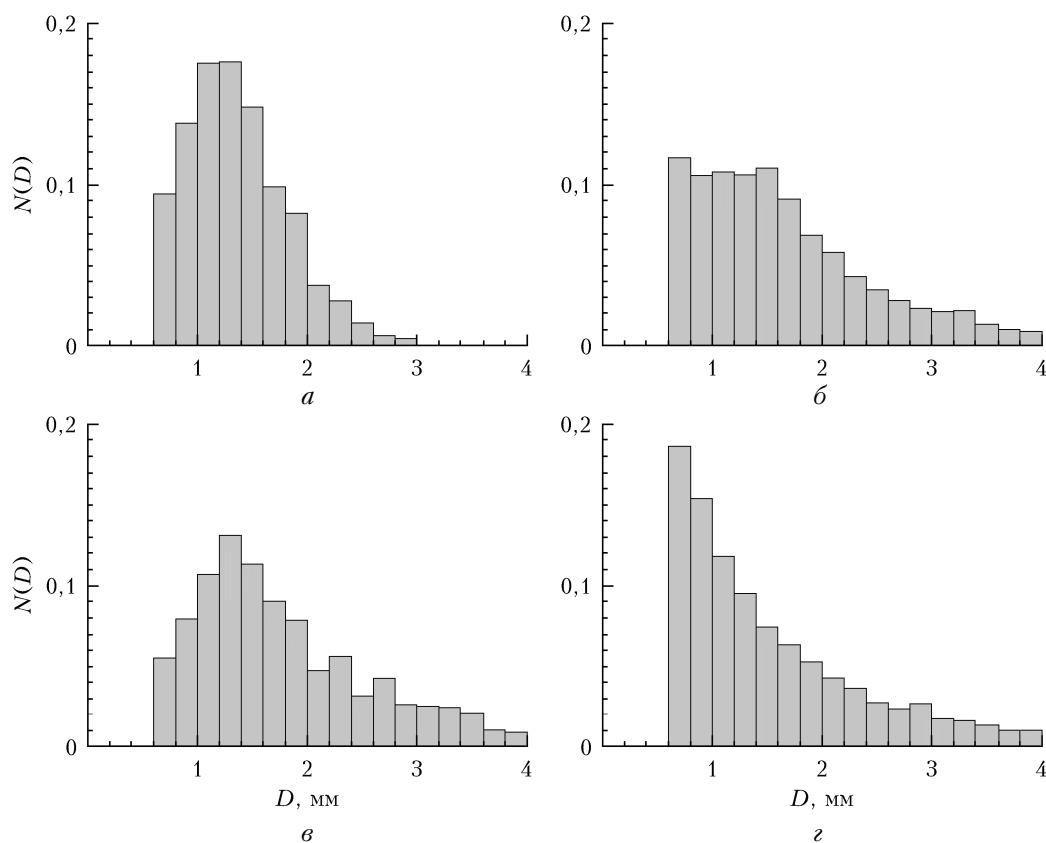


Рис. 1. Измеренные с помощью ОПТИОС распределения по размерам частиц осадков: дождь (а); снег (б); дождь с градом (в); мокрый снег (г)

В течение летнего периода 2016 г. на метеоплощадке ИМКЭС СО РАН были проведены также натурные сравнительные испытания ОПТИОС со стандартным осадкомером О-1 (с ветровой защитой Третьякова) и челночным осадкомером Davis Rain Collector (RC).

Пример сравнительного синхронного измерения интенсивности осадков I с помощью осадкомеров ОПТИОС и RC приведен на рис. 2, а. Измерения выполнены 15 июня 2016 г. с 18:45 до 19:20. Видно, что временная динамика I у измерителей показывает хорошее совпадение. Отклонение значений, полученных ОПТИОС и RC в различные временные интервалы, может быть объяснено меньшим разрешением RC по количеству осадков (0,2 мм), что не позволяет с его помощью точно измерять интенсивность осадков.

Выполнены также синхронные измерения количества собранных за сутки осадков Q с помощью ОПТИОС, RC и О-1. Показания О-1 снимались 2 раза в сутки (в 10:00 и 19:00 местного времени), показания RC и ОПТИОС снимались автоматически при регистрации выпадения осадков. За начало измерений в каждых сутках выбрано время 10:00. На рис. 2, б представлены результаты измерений количества осадков Q за период 14–19 июня 2016 г., которые показывают, что данные измерений ОПТИОС в целом хорошо согласуются с данными RC и О-1.

Анализ измерений за 14 июня показал, что за эти сутки выпало $\sim 0,5$ мм осадков по данным ОПТИОС, тогда как осадкомеры RC и О-1, обладая гораздо более низкой чувствительностью, вообще не зарегистрировали осадков. С помощью ОПТИОС были определены также совсем незначительные осадки 17 июня. За весь выбранный период количество осадков, измеренных осадкомером ОПТИОС, составило 14,46 мм, челночным осадкомером RC – 13,86 мм, а стандартным О-1 – 13,2 мм.

Таким образом, проведенные натурные испытания ОПТИОС доказывают его возможности автоматического определения вида выпадающих атмосферных осадков по их микроструктурным характеристикам, что требуется в различных научных и прикладных задачах. Результаты, полученные при сравнительных натурных испытаниях ОПТИОС с традиционными измерителями О-1 и RC, показывают их достаточно хорошее согласие (в пределах 10%). Совпадение хода измеренной интенсивности выпадения дождя указывает на то, что разработанные алгоритмы обработки и фильтрации данных обеспечивают минимизацию случайных ошибок измерений. Вместе с тем принципиальные различия в применяемых методах измерения не позволяют корректно сравнивать целый ряд измеряемых параметров (например, для снеговых осадков) и требуют привлечения дополнительных средств измерения.

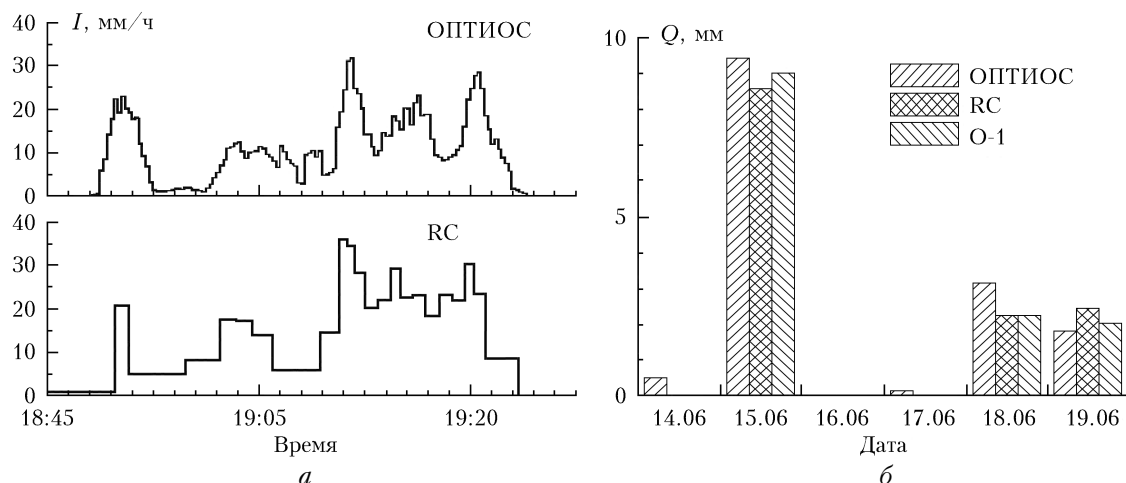


Рис. 2. Результаты измерения интенсивности осадков осадкомером ОПТИОС и челночным осадкомером RC (а); количество осадков, измеренных с помощью ОПТИОС, RC и О-1 (б)

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МК-179.2017.5.

1. Кальчихин В.В., Кобзев А.А., Корольков В.А., Тихомиров А.А. Оптико-электронный двухканальный измеритель осадков // Оптика атмосф. и океана. 2011. Т. 24, № 11. С. 990–996.
2. Азбукин А.А., Кальчихин В.В., Кобзев А.А., Корольков В.А., Тихомиров А.А. Оптико-электронный блок измерения параметров осадков // Приборы и техн. эксперим. 2013. № 4. С. 140–141.
3. Кальчихин В.В., Кобзев А.А., Корольков В.А., Тихомиров А.А. Определение микроструктурных характеристик жидких атмосферных осадков с помощью оптического осадкомера // Оптика атмосф. и океана. 2015. Т. 28, № 7. С. 669–672; Kalchikhin V.V., Kobzev A.A., Korolkov V.A., Tikhomirov A.A. Ditection of microstructure characteristics of liquid atmospheric precipitation with the optical rain gage // Atmos. Ocean. Opt. 2016. V. 29, N 3. P. 304–308.
4. Кальчихин В.В., Кобзев А.А., Корольков В.А., Тихомиров А.А. Определение вида атмосферных осадков по результатам оптических измерений их микроструктурных характеристик // Оптика атмосф. и океана. 2016. Т. 29, № 8. С. 654–657.
5. Кальчихин В.В., Кобзев А.А., Краснолобов И.М., Тихомиров А.А. Система устранения внешних естественных помех в измерительном канале оптического осадкомера // Докл. ТУСУР. 2016. Т. 19, № 2. С. 45–47.
6. Kalchikhin V.V., Kobzev A.A., Korolkov V.A., Tikhomirov A.A. Measurement of snow characteristics using optical precipitation gauge // Proc. SPIE. 2016. V. 10035. P. 100352W-1–100352W-4.
7. Kalchikhin V.V., Kobzev A.A., Korolkov V.A., Tikhomirov A.A. Specifics of the hail parameter measurements using the optical precipitation gauge // Proc. SPIE. 2015. V. 9680. P. 968038-1–968038-4.
8. Kal'chikhin V.V., Kobzev A.A., Korol'kov V.A., Tikhomirov A.A. Determination of the rate of fall of rain drops in measurements of their parameters by an optical rain gauge // Meas. Tech. 2017. V. 59, N 11. P. 1175–1180.

V.V. Kalchikhin, A.A. Kobzev, V.A. Korolkov, A.A. Tikhomirov. Some results of optical precipitation gauge field tests.

Typical results of precipitation parameter measurements with the optical precipitation gauge at the IMCES SB RAS meteorological site from June to October 2016 are described. The particle size distributions are presented for precipitations of different types. The measured precipitation intensity and daily total values are compared with the data obtained with standard precipitation gauges.