

АППАРАТУРА И МЕТОДЫ ОПТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 535.311:551.508.77

Определение параметров опасных метеорологических явлений, связанных с выпадением осадков, с использованием оптического осадкомера

В.В. Кальчихин, А.А. Кобзев*

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

Поступила в редакцию 18.04.2019 г.

В работе представлены перспективы применения оптического осадкомера ОПТИОС для определения опасных метеорологических явлений, связанных с выпадением атмосферных осадков. Приведены результаты измерения дождя высокой интенсивности (более 50 мм/ч). Показано, что ОПТИОС позволяет определять характеристики атмосферных осадков для обеспечения оперативного оповещения о возникновении опасного явления.

Ключевые слова: оптический осадкомер, интенсивность осадков, количество осадков, опасные метеорологические явления; optical precipitation gauge, precipitation intensity, total rainfall, dangerous weather phenomenon.

Один из факторов, сопровождающих климатические изменения, — повышение частоты возникновения опасных метеорологических явлений, в том числе связанных с выпадением атмосферных осадков. Анализ стихийных гидрометеорологических явлений, регистрируемых в Российской Федерации [1], показал, что наибольшее их количество (25% от общего числа) составляют экстремальные осадки (сильный дождь, продолжительный дождь, ливень, град, сильный снегопад). Особенно опасны явления, вызванные прохождением развитых кучево-дождевых облаков [2], которые формируют условия, вызывающие выпадение града, ливневый дождь и сильный снегопад. Отдельные кучево-дождевые облака имеют размер ~10 км и время жизни порядка одного часа. Они могут объединяться в кластеры и маскироваться в полях облаков других типов. Такие особенности усложняют обнаружение и изучение кучево-дождевой облачности, а также вызывают серьезные затруднения при прогнозировании связанных с ней чрезвычайных ситуаций.

Опасные гидрометеорологические явления можно разделить на две основные группы: продолжительные осадки и осадки повышенной интенсивности. Выпадение продолжительного дождя (количеством 100 мм за период времени более 12 ч) может вызывать наводнения. Кратковременные осадки высокой интенсивности (30 мм и более за период не более 1 ч), крупный град (диаметром 20 мм и более) могут привести к эрозии почвы, уничтожению посевов, повреждению ЛЭП и зданий, сходу селей, лавин, оползней, способны парализовать движение наземного и воздушного транспорта. Несмотря на важность оперативной информации

о характеристиках выпадающих атмосферных осадков, сегодня ее получение невозможно для существенной части населенных территорий в связи с отсутствием современных приборов для измерения вышеупомянутых характеристик.

Разработанный в Институте мониторинга климатических и экологических систем (ИМКЭС) СО РАН оптический осадкомер ОПТИОС [3] в реальном времени обеспечивает получение информации о наличии осадков, интенсивности их выпадения (мм/ч для жидких осадков, шт./см²/ч для твердых), времени начала и длительности, общей сумме за сутки (мм). Кроме того прибор определяет вид осадков (дождь, снег, град) и способен работать в автоматическом режиме без необходимости слива накопленных осадков и постоянного контроля. Предусмотрена возможность передачи измерительных данных с учетом широких требований по времени усреднения и набору характеристик. В основе работы прибора лежит принцип получения и анализа теневых изображений частиц осадков. Внешний вид оптического осадкомера ОПТИОС представлен на рис. 1.

Рассмотрим явления, связанные с выпадением осадков, зарегистрированные в 2018 г. на метеорологической площадке ИМКЭС СО РАН. Осадки регистрировались с помощью оптического осадкомера ОПТИОС и челночного осадкомера Davis Rain Collector (RC). На рис. 2 представлены результаты измерения интенсивности I короткого (15 мин) ливня, зарегистрированного 19 июля 2018 г. Этот ливень можно считать очень сильным [4], поскольку пиковая интенсивность превысила 50 мм/ч. Видно, что временная динамика I для обоих измерителей хорошо совпадает. Отклонение значений, полученных ОПТИОС и RC в отдельных временных интервалах, объясняется разными чувствитель-

* Владимир Викторович Кальчихин (vvk@imces.ru); Алексей Анатольевич Кобзев (kaa@imces.ru).

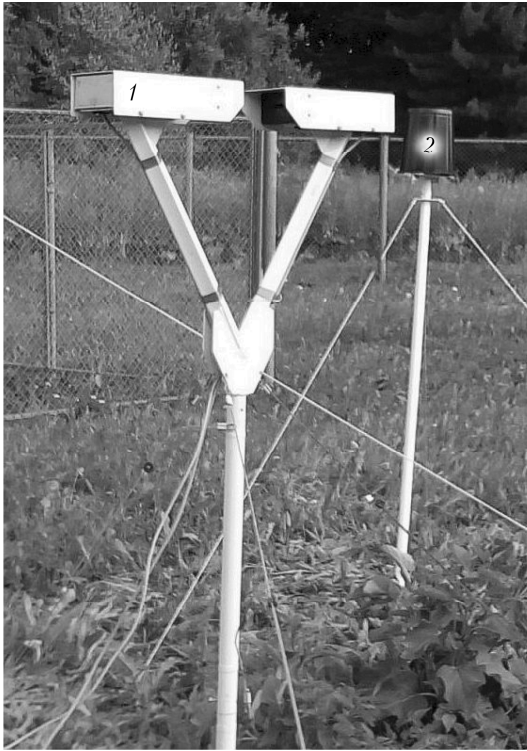


Рис. 1. Оптический осадкомер ОПТИОС (1) и осадкомер чашечного типа RC (2) на метеорологической площадке ИМКЭС СО РАН

ностью приборов по количеству осадков (ОПТИОС – 1 капля дождя, RC – 0,2 мм) и временем усреднения результатов измерений (ОПТИОС – 10 с, RC – 1 мин). Общее количество выпавших за время

ливня осадков составило 4,81 мм для ОПТИОС и 5,04 мм для RC.

Результаты анализа микроструктурных характеристик ливня приведены на рис. 3. Изменение количества капель дождя за минуту (рис. 3, а) повторяет ход интенсивности выпадения. Следовательно, интенсивность в этом случае определяется количеством выпавших капель, а не их размером. Анализ средних за минуту значений размеров выпавших капель (рис. 3, б) показывает, что за первые две минуты дождя выпали наиболее крупные капли, средний размер которых превысил размеры всех последующих капель на величину порядка 1 мм. Это полностью согласуется с результатами ранних исследований [5]. Крупные капли, концентрация которых мала, предшествуют усилению интенсивности осадков; через некоторое время регистрируются более мелкие капли, концентрация которых соответствует более высокой интенсивности. Этот эффект объясняется существенной разницей в скоростях падения капель различного размера. Он проявляется лучше при наличии сильных восходящих воздушных потоков, характерных для явлений конвективного происхождения, которые эффективнее всего замедляют более мелкие капли, не давая им достигать земной поверхности. Таким образом, анализ микроструктурных характеристик осадков позволяет оценить вероятность прохождения развитого кучево-дождевого облака.

Изменение среднего за минуту значения скоростей падения капель (рис. 3, б) показывает согласие с изменением значений их размеров. В ходе выпадения ливня наблюдается тенденция роста средних скоростей падения капель, что может быть

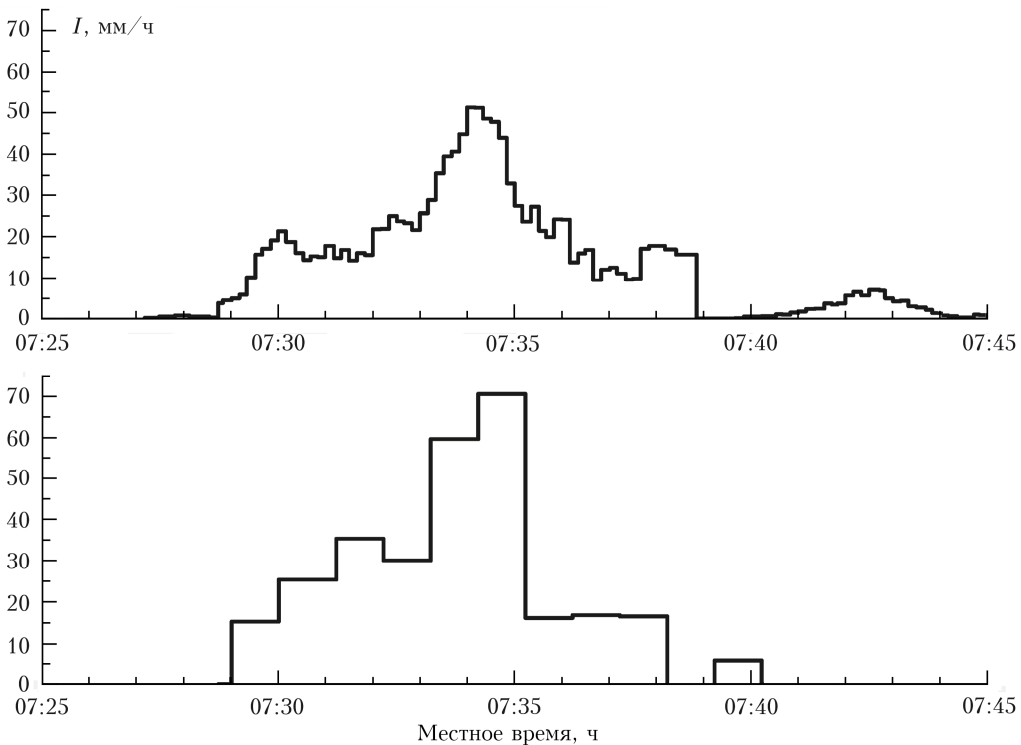


Рис. 2. Интенсивность ливня, измеренная с помощью ОПТИОС (вверху) и RC (внизу)

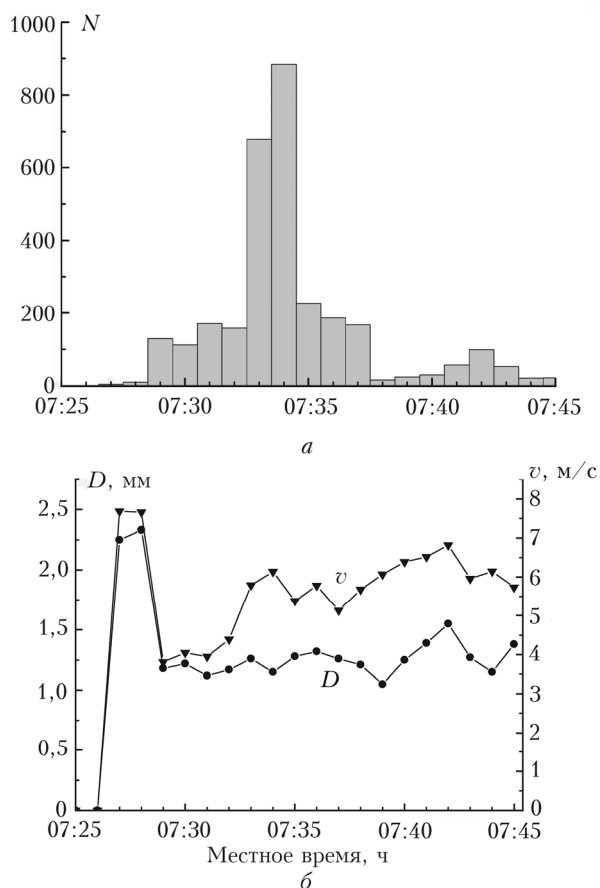


Рис. 3. Результаты измерения микроструктурных характеристик ливня: *a* – количество зарегистрированных за минуту частиц N ; *б* – среднее за минуту значение размера частиц D и скорости падения частиц v

связано с уменьшением влияния восходящих потоков по мере прохождения кучево-дождевого облака.

По сравнению со стандартными приборами оптический осадкомер имеет существенные преимущества при определении опасных явлений, вызываемых выпадением сильного снега и крупного града. В настоящее время для определения опасности снеговых осадков оценивается их количество в пересчете на жидкие осадки (мм), выпавшее за 12 ч. В то же время в отдельных областях человеческой деятельности (космическая отрасль, морской и воздушный транспорт) неблагоприятные последствия могут вызвать явления, длящиеся считанные часы или даже минуты, а наибольший интерес представляют количество частиц, находящихся в воздухе, и динамика изменения высоты снежного покрова.

Оптический осадкомер ОПТИОС способен эффективно определять характеристики выпадающего снега [6]. Интенсивность при этом измеряется количеством частиц, выпадающих на единицу площади

в единицу времени, что позволяет на основе результатов измерений автоматически оценивать реальную угрозу возникновения помех для того или иного вида деятельности и принимать решения в режиме реального времени. При выпадении осадков в виде града наиболее важны размеры, скорость падения и концентрация градин [7]. Измерение этих характеристик с помощью ОПТИОС позволяет оценить ущерб, который может оказать град в зависимости от объекта воздействия.

Таким образом, с возрастанием роли автоматизации различных процессов жизнедеятельности человека растет ценность оперативной информации об опасных метеорологических явлениях. Эта информация важна как для изучения сопутствующих атмосферных процессов, так и для предотвращения чрезвычайных ситуаций и снижения экономического ущерба. Оптический способ измерения, реализованный в ОПТИОС, позволяет определять все наиболее важные интегральные и микроструктурные характеристики выпадающих осадков (дождя, снега и града), относящихся к опасным метеорологическим явлениям, что обеспечивает возможность своевременного принятия мер для снижения вероятности возникновения нежелательных последствий, вызванных выпадением атмосферных осадков.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России (соглашение № 14.607.21.0205, уникальный идентификатор проекта RFMEFI60718X0205).

1. *Стихийные* гидрометеорологические явления на территории России в 2015 году: сайт Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации [Электронный ресурс] URL: http://meteo.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=620:chrezvychajnye-situatsii-v-rossii-2015&catid=118:chrezvychajnye-situatsii-v-rossii (дата обращения: 11.02.2019).
2. *Pustovalov K.N., Nagorskiy P.M.* Response in the surface atmospheric electric field to the passage of isolated air mass cumulonimbus clouds // *Atmos. Sol.-Terr. Phys.* 2018. V. 172. P. 33–39.
3. *Kalchikhin V.V., Kobzev A.A., Korolov V.A., Tikhomirov A.A.* Results of optical precipitation gage field tests // *Atmos. Ocean. Opt.* 2018. V. 31, N 5. P. 545–547.
4. *РД 52.27.724-2009* Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения / ИГ-СОЦИН. Обнинск, 2009. 62 с.
5. *Литвинов И.В.* Структура атмосферных осадков. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 154 с.
6. *Kalchikhin V.V., Kobzev A.A., Korolov V.A., Tikhomirov A.A.* Measurement of snow characteristics using optical precipitation gauge // *Proc. SPIE. 22nd Int. Symp. Atmos. Ocean Opt.: Atmos. Phys.* 2016. V. 10035. P. 100352W.
7. *Kalchikhin V.V., Kobzev A.A., Korolov V.A., Tikhomirov A.A.* Specifics of the hail parameter measurements using the optical precipitation gauge // *Proc. SPIE.* 2015. V. 9680. P. 968038-1.

V.V. Kalchikhin, A.A. Kobzev. Estimation of parameters of dangerous weather phenomena associated with atmospheric precipitates using the optical rain gauge.

Prospects of the optical precipitation gauge OPTIOS for determination of dangerous weather phenomena associated with atmospheric precipitates are considered. The results of the heavy shower (more than 50 mm/h) measurement are presented. It is shown that the optical precipitation gauge OPTIOS allows estimation of precipitation characteristics to provide prompt warning of dangerous phenomenon occurrence.