

## Измерение количества осадков с помощью оптического осадкомера в течение летнего периода 2020 г.

В.В. Кальчихин, А.А. Кобзев, А.А. Тихомиров, Д.Е. Филатов\*

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

Поступила в редакцию 28.12.2020 г.

Представлены результаты измерений количества осадков оптическим осадкомером ОПТИОС и стандартным измерителем Третьякова О-1 в течение трех летних месяцев 2020 г. Показано хорошее согласие результатов измерений обоими приборами. Сравнение показаний ОПТИОС и аналогичного оптического осадкомера, установленного на расстоянии 3 км, а также данных метеостанции «Томск» сети Росгидромета, расположенной на расстоянии 6 км, демонстрирует существенные пространственные вариации характеристик атмосферных осадков. Доказана возможность использования ОПТИОС в качестве автоматизированного измерителя осадков как в составе метеостанции, так и в качестве отдельного компонента наблюдательной осадкомерной сети.

*Ключевые слова:* количество осадков, измерение, оптический осадкомер; precipitation, measuring, optical precipitation gauge.

Решение задачи улучшения качества метеорологических прогнозов неразрывно связано с повышением плотности пунктов метеорологической сети. Особенно это касается измерений параметров выпадающих осадков и прогнозов, основанных на результатах этих измерений. Например, для гарантированной регистрации одного только факта выпадения осадков на площади около 25 км<sup>2</sup> плотность осадкомерной сети должна составлять один прибор на 1,5–2 км<sup>2</sup> [1].

На постах наземной метеорологической наблюдательной сети Росгидромета основным средством измерения количества атмосферных осадков до сих пор является традиционный осадкомер Третьякова О-1 [2]. Несмотря на проверенную десятилетиями надежность данного прибора, он требует непрерывного участия человека в процессе измерений. Это делает практически невозможными автоматизацию снятия показаний, а также актуальную в настоящее время автоматическую дистанционную передачу результатов измерений потребителю посредством современных средств коммуникации.

В рамках проекта технической модернизации государственной наблюдательной сети Росгидромета начата поставка автоматических метеостанций (АМС). В течение одного только 2014 г. были установлены 1627 АМС, 1622 из которых укомплектованы датчиками жидких осадков для обеспечения повышения точности прогноза быстроразвивающихся паводков и калибровки метеорологических радиолокаторов

(МРЛ) [3]. Однако входящие в состав АМС автоматические датчики жидких осадков Vaisala QMR370 челночного типа имеют ряд существенных недостатков: низкую чувствительность, не позволяющую регистрировать осадки малой интенсивности с общим количеством менее 0,3 мм; высокую вероятность ложных срабатываний датчика из-за вибрации при большой скорости ветра; сход челнока с держателей, а следовательно, необходимость внеочередной калибровки прибора; занижение данных о количестве выпавших осадков при дождях большой интенсивности из-за того, что датчик не успевает срабатывать и «захлебывается» [2]. Поэтому информация об осадках, полученная с помощью датчиков QMR370, может быть использована только как оперативная с целью увеличения частоты поступления данных о количестве выпадающих осадков [3].

Разработанный в ИМКЭС СО РАН оптический осадкомер ОПТИОС свободен как от перечисленных выше, так и еще от целого ряда недостатков [1], так как имеет лишнюю каких-либо движущихся частей конструкцию и способен производить измерения в автоматическом режиме в течение практически неограниченного времени. Положенный в основу работы прибора принцип получения и анализа теневых изображений частиц осадков позволяет успешно измерять микроструктурные характеристики дождя – размер и терминальную скорость падения капель [4]. Кроме того, в [5] были представлены некоторые результаты натуральных испытаний ОПТИОС, во время которых изучались возможности его применения в качестве измерителя интегральных характеристик жидких осадков. Было проведено сравнение интенсивности кратковременного ливня и суточного количества осадков за несколько дней, измеренных с помощью ОПТИОС, челночного осад-

\* Владимир Викторович Кальчихин (vvk@imces.ru); Алексей Анатольевич Кобзев (kaa@imces.ru); Александр Алексеевич Тихомиров (tikhomirov@imces.ru); Дмитрий Евгеньевич Филатов (dmitrii.04101995@gmail.com).

комера Davis Rain Collector и стандартного осадкомера Третьякова О-1. Результаты испытаний показали хорошее согласие показаний всех трех приборов. Однако для подтверждения возможности использования оптического осадкомера в составе АМС в качестве основного датчика жидких осадков необходимы его длительные сравнительные испытания в натуральных условиях вместе со стандартными измерителями. Для этого оптический измеритель осадков, далее именуемый ОПТИОС-1, был установлен на метеоплощадке Геофизической обсерватории (ГО) ИМКЭС СО РАН и работал в режиме непрерывного мониторинга параметров выпадающих осадков с мая по ноябрь 2020 г.

Измеренные значения суточного количества осадков сравнивались с данными стандартного осадкомера Третьякова О-1, установленного на ГО ИМКЭС СО РАН в непосредственной близости от ОПТИОС-1, с 1 июня по 31 августа. Результаты измерений приведены на рис. 1.

Видно, что показания ОПТИОС-1 хорошо согласуются с данными эталонного прибора на протяжении всего периода испытаний; даже в дни выпадения большого количества осадков высокой интенсивности (26 июня, 20 и 29 июля, 13 августа) расхождение результатов измерений не превышало 10%.

Некоторое ухудшение согласия в показаниях приборов в середине лета при слабых дождях обусловлено спецификой оптического метода измерения параметров осадков. Появление в этот период большого количества летающих насекомых может как создавать помехи в процессе измерения, так и генерировать ложные данные, не связанные с регистрацией частиц осадков. Влияние насекомых,

находящихся в измерительном канале оптического осадкомера, успешно фильтруется с помощью специально разработанных для этого алгоритмов при обработке данных в режиме реального времени, но полностью исключить его очень трудно. Кроме того, слабые морозящие осадки в основном образуются мелкими частицами размером до 500 мкм, которые, вообще говоря, к выпадающим осадкам не относятся и большого вклада в общее количество осадков не дают. ОПТИОС-1 такие частицы в качестве капель дождя не регистрирует, но стандартный осадкомер их накапливает, что при длительных морозящих осадках может приводить к некоторому расхождению данных двух приборов.

Для изучения возможностей прогнозирования характеристик осадков на мезомасштабной территории второй экземпляр оптического осадкомера, далее именуемый ОПТИОС-2, в августе 2020 г. был установлен на площадке Базового экспериментального комплекса (БЭК) Института оптики атмосферы (ИОА) СО РАН, расположенной примерно в 3 км к востоку от ГО ИМКЭС СО РАН. Для подтверждения корректности сравнения данных, полученных летом 2020 г. с идентичных пространственно разнесенных приборов, на рис. 2 представлены результаты измерения количества осадков в первую неделю июля 2019 г., когда ОПТИОС-1 и ОПТИОС-2 были установлены на ГО ИМКЭС СО РАН на расстоянии ~2 м друг от друга. Их показания хорошо согласуются между собой, а также с показаниями О-1. Даже во время грозы с ливнем, зарегистрированных в ночь со 2 на 3 июля, расхождение между результатами всех приборов не превышает 10%.

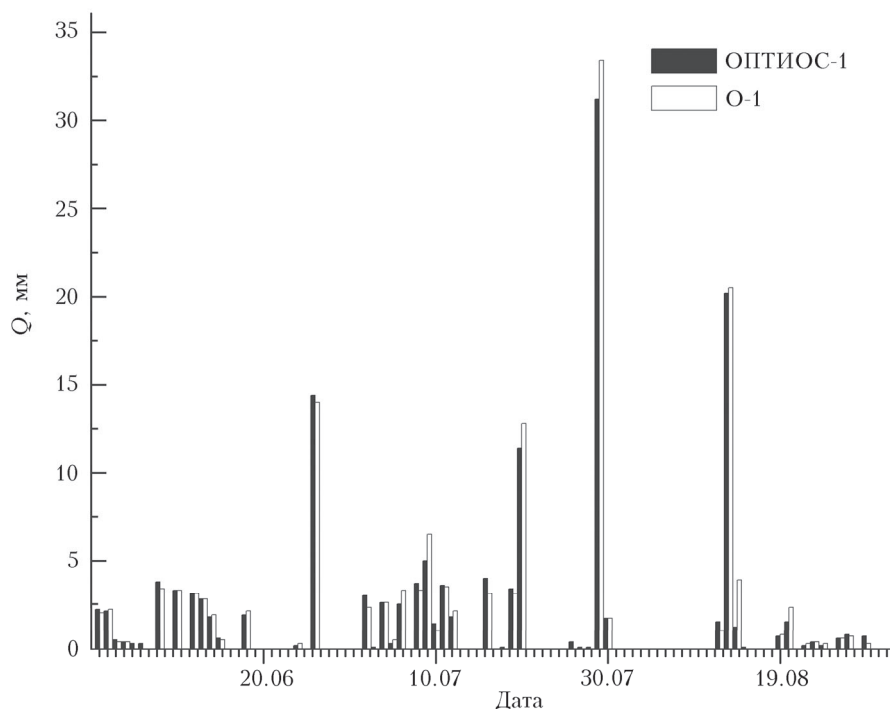


Рис. 1. Значения суточного количества осадков  $Q$ , измеренные с 1 июня по 31 августа 2020 г. с помощью осадкомеров ОПТИОС-1 и О-1 во время сравнительных натуральных испытаний на ГО ИМКЭС СО РАН

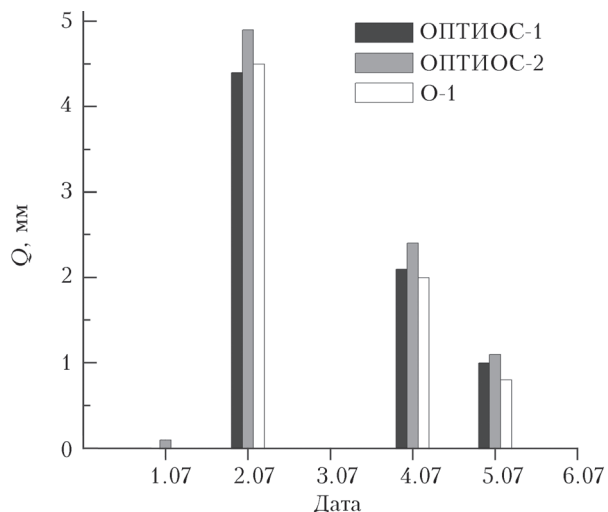


Рис. 2. Значения суточного количества осадков  $Q$ , измеренные с 1 по 7 июля 2019 г. с помощью осадкомеров ОПТИОС-1, ОПТИОС-2 и О-1 во время сравнительных натуральных испытаний на ГО ИМКЭС СО РАН

Результаты одновременных измерений (лето 2020 г.) двух идентичных приборов, разнесенных на расстояние 3 км, показаны на рис. 3. Видно, что значения суточного количества осадков на данном расстоянии могут заметно различаться, вплоть до того, что осадки, зарегистрированные в одной точке, могут полностью отсутствовать в другой, как это произошло, например, 15 августа.

Полученный результат вполне соответствует данным о том, что характерные размеры изолированных пятен осадков могут изменяться в широком диапазоне значений — от нескольких сотен метров для ливней до нескольких сотен километров для

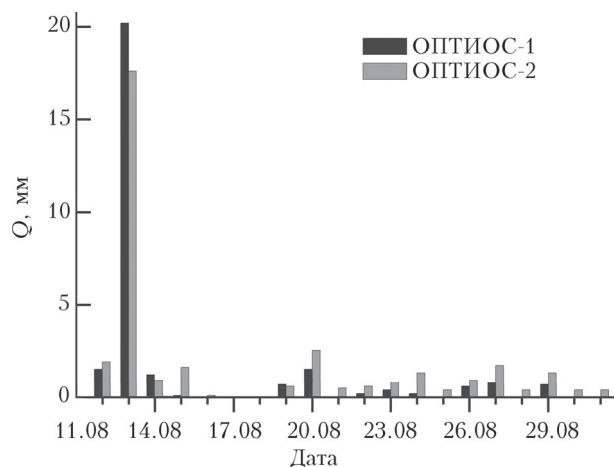


Рис. 3. Значения суточного количества осадков  $Q$ , измеренные в августе 2020 г. с помощью оптических осадкомеров ОПТИОС-1 и ОПТИОС-2, установленных на ГО ИМКЭС СО РАН и БЭК ИОА СО РАН соответственно

обложных осадков [1]. Еще более ярким доказательством возможности существенных пространственных вариаций характеристик атмосферных осадков являются ливни, выпавшие в Томске 2 и 29 июля 2020 г. По измерениям осадкомеров ОПТИОС-1 и О-1 на ГО ИМКЭС СО РАН 2 июля выпало 3,0 и 2,3 мм осадков соответственно. По данным метеостанции «Томск» Томского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [6], находящейся примерно в 6 км к юго-востоку от ГО ИМКЭС, в городе в этот день выпала почти месячная норма осадков — 52 мм. Рис. 4 демонстрирует различие в суточных суммах осадков, измеренных в течение всего летнего периода 2020 г. на двух метеоплощадках, удаленных друг от друга на 6 км.

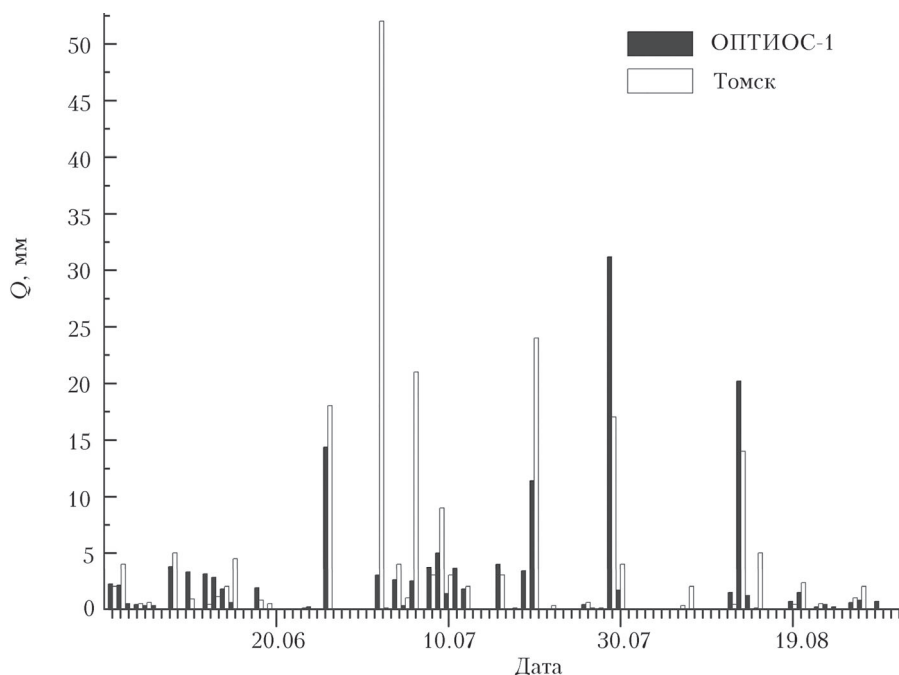


Рис. 4. Значения суточного количества осадков  $Q$ , измеренные с 1 июня по 31 августа 2020 г. с помощью осадкомера ОПТИОС-1 на ГО ИМКЭС СО РАН и на метеостанции «Томск»

Значительные различия результатов измерений на пространственно разнесенных наблюдательных пунктах позволяют предположить неэффективность упомянутой в [3] калибровки МРЛ с использованием осадкомерной сети плотностью ниже одного прибора на 4–6 км<sup>2</sup>.

Суммы осадков, измеренные за отдельные периоды всеми приборами, показания которых использовались в сравнительных испытаниях, приведены в таблице.

**Суммарное количество осадков (мм) за отдельные периоды лета 2020 г. по данным различных приборов**

Период	ОПТИОС-1	О-1	ОПТИОС-2	«Томск»
1–30.06	37,7	36,4	–	40,4
1–31.07	76,4	79,2	–	143,9
1–31.08	28,1	31,1	–	27,9
12–31.08	28,1	31,1	33,9	25,6
1.06–31.08	142,2	146,7	–	212,2

Таблица демонстрирует хорошее согласие результатов, полученных с использованием ОПТИОС-1, с показаниями стандартного измерителя О-1, а также иллюстрирует последствия упомянутых выше пространственных вариаций параметров осадков.

Таким образом, сравнительные испытания оптического осадкомера ОПТИОС в течение трех летних месяцев 2020 г. показали высокую точность проводимых с его помощью измерений интегральных характеристик выпадающих атмосферных осадков и подтвердили возможность его использования

в качестве датчика жидких осадков как в составе АМС, так и в качестве отдельного компонента наблюдательной осадкомерной сети.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИМКЭС СО РАН.

1. *Литвинов И.В.* Осадки в атмосфере и на поверхности земли. Ленинград: Гидрометеиздат, 1980. 208 с.
2. Р 52.04.818–2014. Рекомендации по эксплуатации автоматизированных метеорологических комплексов в наблюдательных подразделениях. СПб.: Гидрометеиздат, 2014. 48 с.
3. *Восканян К.Л., Кузнецов А.Д., Сероухова О.С.* Автоматические метеорологические станции, Ч. 1 Тактико-технические характеристики. СПб.: РГМУ. 2016. 170 с.
4. *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. DOI: 10.1007/s11018-017-1111-9.
5. *Кальчихин В.В., Кобзев А.А., Корольков В.А., Тихомиров А.А.* Некоторые результаты натурных испытаний оптического измерителя осадков // Оптика атмосф. и океана. 2018. Т. 31, № 4. С. 330–332; *Kalchikhin V.V., Kobzev A.A., Korol'kov V.A., Tikhomirov A.A.* Results of optical precipitation gage field tests // Atmos. Ocean. Opt. 2018. V. 31, N. 5. P. 545–547. DOI: 10.1134/S102485601805007X.
6. *Архив погоды в Томске, погода в Томске за июль 2020 года* [Электронный ресурс]. URL: <http://pogodaiklimat.ru/weather.php?id=29430&bday=1&fday=31&amonth=7&ayear=2020&bot=2> (дата обращения: 11.12.2020).

*Kalchikhin V.V., Kobzev A.A., Tikhomirov A.A., Filatov D.E.* **Rainfall measurements during summer 2020 with the optical rain gauge.**

Results of measurements of the amount of precipitation with an OPTIOS optical precipitation gauge together with a standard Tretyakov O-1 gauge during three summer months of 2020 are presented; a good agreement between the measurement results is shown. The comparison of the OPTIOS readings with the readings of a similar optical rain gauge mounted at a distance of 3 km, as well as with related data of the Tomsk weather station of the Roshydromet network located at a distance of 6 km, shows significant spatial variations in the characteristics of atmospheric precipitation. A possibility of using OPTIOS both as an automated gauge within a weather station and as a component of an observation precipitation gauge network is shown.