

## Об учете потерь на смачивание, испарение и конденсацию при измерении осадков осадкомером Третьякова

Э. Г. Богданова\*, Б. М. Ильин\*

*На материале наблюдений 36 станций России сравниваются средние многолетние годовые и месячные значения поправки на смачивание, вводимой в текущие измерения осадков, с суммарной поправкой, учитывающей еще и влияние процессов испарения и конденсации на результаты измерения осадков осадкомером Третьякова. Показаны различия между годовыми и сезонными значениями этих поправок и их годовым ходом в разных климатических условиях. Приводится карта годовых значений разности между данными поправками в абсолютном и относительном выражениях.*

### Введение

Проблема учета систематических погрешностей измерения осадков стандартными отечественными осадкомерными приборами (дождемером с защитой Нифера и осадкомером Третьякова) была в первом приближении решена уже в конце 1960-х годов. Были установлены количественные зависимости основных систематических погрешностей измерения осадков от комплекса определяющих метеорологических величин, измеряемых в каждом осадкомерном пункте [4—6, 16, 17]. На основе полученных зависимостей была создана методика корректировки измеренных осадков на уровне их средних многолетних месячных значений. Уже в конце 1960-х годов в Справочнике по климату СССР [15] были приведены не только измеренные, но и исправленные месячные и годовые нормы осадков с учетом основных систематических погрешностей измерения: потерь осадков из-за смачивания внутренней поверхности осадкосборного сосуда и аэродинамической погрешности (так называемого ветрового недоучета), возникающей из-за деформации поля ветра вокруг приемной поверхности осадкомера. Остальные погрешности, к числу которых относятся потери на испарение из осадкомера с момента окончания осадков до момента их измерения, конденсация влаги на стенках осадкомера, а также “ложные” осадки, попадающие в осадкомер с поверхности снежного покрова во время сильных метелей, в то время оставались неучтенными либо учитывались весьма приближенно.

С начала 1966 г. поправка, учитывающая потери осадков из-за смачивания, вводится при каждом измерении осадков на всей осадкомерной сети бывшего СССР. Величина и порядок введения поправки на смачивание

\* Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова.

определены действующим Наставлением гидрометеорологическим станциям и постам [10]. Другие погрешности в текущих измерениях не учитываются.

Основной задачей дальнейших исследований стала разработка методов корректировки измеренных осадков на уровне их суточных и срочных значений с целью получения статистически однородных временных рядов осадков, необходимых в широкой сфере климатологических и гидрологических исследований, в частности для мониторинга климата, изучения его изменений и колебаний. Методика корректировки сумм осадков, измеренных осадкомером Третьякова за сутки или более короткие промежутки времени (12 или 6 ч), основана на модели, разработанной В. С. Голубевым. Ее научное обоснование содержится в работах [6, 8, 19, 20], а комплекс алгоритмов необходимых расчетов представлен в работах [1, 7, 21]. В частности, в [8] предложен способ комплексного учета эффектов воздействия процессов смачивания, испарения и конденсации в виде суммарной поправки при каждом измерении осадков.

Целью данной работы является сравнение поправки на смачивание, вводимой в текущие измерения осадков, с суммарной поправкой, учитывающей потери на смачивание, испарение и процессы конденсации на внутренней поверхности осадкомера Третьякова.

#### Методика расчетов. Исходные данные

В соответствии с современными представлениями [1, 21] соотношение между измеренным  $P''$  и действительным  $P$  количеством выпавших осадков выражается уравнением

$$P = K(P'' + \Delta P - P''_{f1} - P''_{f2}), \quad (1)$$

где  $K$  — коэффициент, учитывающий влияние аэродинамических факторов на результат измерения осадков;  $P''$  — результат измерения осадков по измерительному стакану (если измеренное количество осадков отмечено как “следы”, то принимается  $P'' = 0.0$  мм);  $\Delta P$  — поправка, компенсирующая эффект воздействия процессов испарения, конденсации и смачивания внутренней поверхности осадкомера при каждом измерении осадков, в том числе, когда их измеренное количество  $P'' = 0$  мм;  $P''_{f1}$  и  $P''_{f2}$  — поправки, учитывающие количество “ложных” осадков, попавших в осадкомер соответственно за время общей и низовой метели.

В предложенной В. С. Голубевым [8] методике расчета величина  $\Delta P$  оценивается как разность между эталонными показаниями Валдайской контрольной системы измерения осадков [9] и откорректированными на ветровой недоучет показаниями осадкомера Третьякова (при отсутствии влияния метелей).

При анализе этой разности для полусуточных значений измеренных осадков разных видов выявлена ее зависимость от соответствующих значений недостатка насыщения  $(100 - r)$  ( $r$  — относительная влажность воздуха). Средние значения  $\Delta P$  для жидких, смешанных и твердых осадков в расчете на один случай измерения при разных значениях недостатка насыщения представлены на рис. 1. Ясно видно, что при наиболее часто встречающихся в дни с осадками значениях  $r$  в диапазоне от 80 до 90% значе-



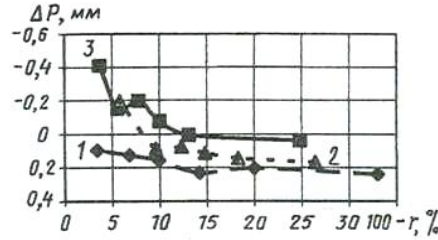


Рис. 1. Зависимость суммарной погрешности  $\Delta P$  от недостатка насыщения  $(100 - r)$  для полусуточных сумм жидких (1), твердых (2) и смешанных осадков (3).

ния  $\Delta P$  весьма близки к используемым на практике поправкам на смачивание: 0,1 мм для твердых и 0,2 мм для жидких осадков. Однако для смешанных осадков значения  $\Delta P$  оказались существенно иными, близкими к 0,0 мм, а при  $r > 90\%$  даже отрицательными не только для смешанных, но и для твердых осадков. Кривые на рис. 1 соответствуют экспериментальным значениям. С целью дальнейшего использования они описаны приводимыми ниже сглаженными аппроксимирующими формулами для каждого вида

осадков. Поскольку при относительной влажности более 95% статистическая обеспеченность полученной зависимости очень мала и наблюдаемые значения  $r$  не выходят за предел 97%, экстраполяция аппроксимирующих уравнений за пределы  $r > 95\%$  не производится; значения  $\Delta P$  в области  $r > 95\%$  принимаются равными соответствующим значениям на рис. 1 при  $r = 95\%$ .

В результате величина поправки  $\Delta P$ , учитывающей погрешность измерения осадков из-за смачивания, испарения, конденсации и следов осадков, рассчитывается в зависимости от вида осадков и относительной влажности воздуха в день с осадками ( $r$ , %) по формулам

— для жидких осадков

$$\begin{aligned} \Delta P &= 0,069 \ln(100 - r) + 0,009 \text{ мм} && \text{при } r < 95\%, \\ \Delta P &= 0,1 \text{ мм} && \text{при } r \geq 95\%; \end{aligned} \quad (2)$$

— для твердых осадков

$$\begin{aligned} \Delta P &= 0,097 \ln(100 - r) - 0,150 \text{ мм} && \text{при } r < 95\%, \\ \Delta P &= -0,2 \text{ мм} && \text{при } r \geq 95\%; \end{aligned} \quad (3)$$

— для смешанных осадков

$$\begin{aligned} \Delta P &= 0,158 \ln(100 - r) - 0,449 \text{ мм} && \text{при } r < 95\%, \\ \Delta P &= -0,2 \text{ мм} && \text{при } r \geq 95\%. \end{aligned} \quad (4)$$

В отличие от описанной методики определения величины  $\Delta P$  применяемая в оперативной практике в соответствии с действующим Наставлением [10] с 1967 г. по настоящее время поправка на смачивание  $\Delta P_n$  составляет 0,2 мм для жидких и смешанных осадков и 0,1 мм для твердых осадков. Если количество жидких и смешанных осадков отмечается как “следы”, то поправка на смачивание  $\Delta P_n = 0,1$  мм, а в случае следов для твердых осадков  $\Delta P_n = 0$  мм, т. е. поправка на смачивание не вводится. Эта методика была разработана под руководством И. Н. Нечаева [3, 12, 13, 18] в 1960-х годах и использована также при составлении Справочника по климату СССР [15] и Научно-прикладного справочника [11].

Целью данной работы является сравнение месячных и годовых значений  $\Delta P$  и  $\Delta P_n$  при различном режиме выпадения осадков. В качестве исходных материалов для расчета средних месячных, сезонных и годовых значений  $\Delta P$  и  $\Delta P_n$  использовались данные срочных метеорологических наблюдений на выборочной сети станций, перечисленных в табл. 1. Период обработки составлял в большинстве случаев 5—6 лет (на разных станциях от 3 до 8 лет) с конца 1990-х по начало 2000-х годов. Эти материалы были получены непосредственно из центров обработки соответствующих УГМС. Частично использовались также срочные данные за 1986—1990 гг. из CD-архива, подготовленного во ВНИИГМИ-МЦД [14], где содержатся все необходимые данные для расчета  $\Delta P$  и  $\Delta P_n$ .

### Результаты расчета и их анализ

Сравнительный анализ величин  $\Delta P$  и  $\Delta P_n$  проводился по их годовым и сезонным значениям, осредненным за указанный выше период. При этом сезоны выделялись не по традиционно принятым в климатологии календарным градациям (либо теплый и холодный, либо зима — весна — лето — осень), а в зависимости от вида выпадающих осадков. Год делился на два сезона: период с жидкими осадками и период с твердыми и смешанными осадками (с точностью до месяца). Естественно, на различных широтах эти периоды имеют разную длительность.

В табл. 1 представлены средние абсолютные (*мм*) и относительные (% соответствующей суммы измеренных осадков) сезонные и годовые значения  $\Delta P$  и  $\Delta P_n$  для всех выбранных станций. Разности между годовыми значениями  $\Delta P_n$  и  $\Delta P$  даны в относительном выражении. Приводятся также средние сезонные и годовые значения относительной влажности, поскольку ею в значительной степени определяется суммарная погрешность  $\Delta P$  (см. рис. 1).

На рис. 2 годовые разности  $\Delta P_n$  и  $\Delta P$  представлены на карте, что позволяет лучше уяснить климатическую обусловленность расхождений между этими величинами. Около каждой точки, определяющей местоположение станции, в виде дроби обозначены относительные (числитель, %) и абсолютные (знаменатель, *мм*) значения разностей.

Разность между значениями  $\Delta P_n$  и  $\Delta P$  в абсолютном выражении за любой выбранный промежуток времени (сутки, месяц, сезон, год) объясняется тем, что значения  $\Delta P_n$  определяются только числом измерений осадков за этот период и видом осадков (твердые, смешанные, жидкие). Кроме того, в соответствии с принятой методикой (обоснование которой содержится в работах [3, 18]) при очень малом количестве измеренных осадков, отмечаемых наблюдателем как “следы” (или 0,0 *мм*), значение  $\Delta P_n$  принимается равным 0,0 *мм* при твердых осадках и равным 0,1 *мм* при жидких и смешанных.

Величина  $\Delta P$ , как показано выше, зависит не только от числа измерений и вида осадков, но также и от относительной влажности воздуха в дни с осадками (см. рис. 1 и формулы (2)—(4)). Кроме того, при отметке “следы” величина  $\Delta P$  для каждого измерения также рассчитывается по (2)—(4).



Таблица 1

Сравнение суммарной поправки на смачивание, испарение и конденсацию ( $\Delta P$ ) с поправкой на смачивание, вводимой при измерении осадков в соответствии с действующим Наставлением [10] ( $\Delta P_n$ )

Станция	Суммарная поправка $\Delta P$				Поправка на смачивание $\Delta P_n$				Г, %			$(\Delta P_n - \Delta P) / P$ , % в год
	твердые и смешанные осадки	жидкие осадки	все осадки за год	мм / %	твердые и смешанные осадки	жидкие осадки	все осадки за год	твердые и смешанные осадки	жидкие осадки	все осадки за год		
											жидкие осадки	
Архангельск	28,6/9	20,2/8	48,8/8,6		39,5/12	21,2/9	60,7/10,7	85	83	84	2,1	
Вологда	25,5/12	22,6/8	48,1/9,8		35,8/17	23,3/8	59,1/12,0	85	80	83	2,2	
Хоседа-Хард	25,7/8	9,2/8	34,9/7,8		35,9/11	10,8/9	46,7/10,0	86	86	86	2,2	
Печора	35,8/12	24,0/9	59,8/10,3		38,9/13	25,9/10	64,8/11,1	81	80	81	0,8	
Нарьян-Мар	36,1/13	19,1/12	55,2/12,3		47,3/16	22,8/14	70,1/15,6	84	85	84	3,3	
Усть-Цильма	30,5/9	20,0/9	50,5/10,0		33,3/11	21,8/10	55,1/10,9	82	82	82	0,9	
Киров	23,6/7	25,9/8	49,5/7,4		43,5/13	26,0/8	69,5/10,4	84	78	82	3,0	
Ижевск	24,0/13	21,8/8	45,8/9,9		35,6/20	22,2/8	57,8/12,3	83	80	82	2,4	
Нижний Новгород	15,9/5	23,3/8	39,2/6,2		39,4/12	22,7/7	62,1/9,8	87	77	83	3,6	
Саратов	13,9/7	26,6/11	40,5/9,1		20,7/11	24,1/10	44,8/10,1	85	71	77	1,0	
Самара	16,4/6	28,4/11	44,8/8,2		28,1/10	26,9/10	55,0/10,1	83	72	77	1,9	
Октябрьский Городок	9,9/5	13,0/6	22,9/5,2		23,3/11	12,2/5	35,5/8,0	88	78	83	2,8	
Оренбург	19,2/12	28,4/16	47,6/14,6		23,6/15	24,9/14	48,5/14,8	83	66	73	0,2	
Александров-Гай	6,7/6	15,2/9	21,9/7,5		12,9/11	14,3/8	27,2/9,3	88	73	79	1,8	
Ивдель	26,5/14	25,1/8	51,6/10,2		24,0/12	26,1/8	50,1/9,9	79	79	79	-0,3	
Бисер	14,7/3	20,0/5	34,7/4,2		34,6/8	24,5/6	59,1/7,1	87	82	86	2,9	
Курган	18,1/13	24,1/9	42,2/10,4		24,0/18	23,1/9	47,1/11,6	84	76	81	1,2	
Красноуфимск	24,8/9	21,6/7	46,4/8,4		28,3/11	21,5/7	49,8/9,0	83	80	81	0,6	
Пермь	24,1/8	22,7/7	46,8/7,6		36,6/13	24,0/7	60,6/9,9	83	78	81	2,3	
Ханты-Мансийск	24,6/11	26,7/8	51,3/8,8		29,1/13	27,8/8	56,9/9,8	84	80	82	1,0	
Тобольск	23,5/11	22,8/8	46,3/9,1		25,9/12	23,8/8	49,6/9,7	81	79	80	0,6	
Омск	27,8/16	27,4/14	55,2/14,9		27,2/16	24,4/12	51,6/13,9	80	70	76	-1,0	
Красноярск	29,7/33	26,3/10	56,0/15,8		26,7/29	25,4/10	52,1/14,7	76	76	76	-1,1	

Продолжение табл. 1

Ванавара	37,5/19	17,0/8	54,5/13,7	33,8/18	16,8/8	50,6/12,7	78	76	77	-1,0
Тура	41,8/20	16,7/8	58,5/14,4	33,9/16	15,5/8	49,4/12,1	77	75	77	-2,3
Туруханск	41,6/12	17,6/7	59,2/10,0	42,5/13	18,4/8	60,9/10,0	80	81	80	0,0
Магдан	21,8/11	15,1/6	36,9/8,4	20,4/10	20,6/9	41,0/9,3	77	90	81	0,9
Сеймчан	47,7/28	13,6/11	61,3/21,0	31,4/18	11,9/10	43,3/14,8	71	70	71	-6,2
Охотск	7,0/4	12,6/5	19,6/4,6	14,6/8	17,8/7	32,4/7,5	83	91	86	2,9
Ключи	21,1/5	14,8/8	35,9/5,9	28,7/7	16,5/9	45,2/7,5	84	85	84	1,6
Ича	16,0/5	12,7/5	28,7/5,0	26,6/9	20,4/8	47,0/8,2	86	94	89	3,2
Петропавловск-Камчатский	19,2/3	18,8/4	38,0/3,3	24,3/4	23,5/5	47,8/4,2	79	88	83	0,9
О. Врангеля	28,7/26	—/—	28,7/25,7	19,6/18	—/—	19,6/17,5	85	—	85	-8,2
Оленок	43,8/32	13,7/10	57,5/21,0	19,2/14	7,9/6	27,1/9,9	78	72	76	-11,1
Верхоянск	28,8/46	13,8/16	42,6/28,3	11,1/18	8,2/9	19,3/12,8	74	70	73	-15,5
О. Диксон	30,6/10	2,7/10	33,3/9,7	32,5/10	3,4/12	35,9/10,5	87	93	88	0,8

В относительном выражении разность между  $\Delta P_n$  и  $\Delta P$  зависит также от величины знаменателя отношения, т. е. от суммы измеренных осадков за выбранный период времени.

При совместном рассмотрении табл. 1 и рис. 2 становится очевидным, что относительные годовые значения разности  $(\Delta P_n - \Delta P)/P_n$  на большей части исследуемой территории положительны и колеблются в пределах 1—3%. Следовательно, вводимая в настоящее время поправка на значительной части территории России несколько преувеличена. О наличии и причинах такого преувеличения уже упоминалось в работе [2]. Основная причина, очевидно, в том, что существующая поправка на смачивание ( $\Delta P_n$ ), достоверно определенная в лабораторных условиях, в естественной среде изменяется под воздействием внешних влияний (осаждение влаги из воздуха на стенках сосуда при относительной влажности, близкой к 100%, конденсация при резких сменах температуры воздуха и т. п.), в результате чего при измерении осадков стенки осадкоприемного сосуда остаются влажными, и потерь на смачивание либо не происходит вовсе, либо они заметно уменьшаются.

Отрицательные значения разности  $\Delta P_n - \Delta P$  наблюдаются там, где относительная влажность в дни с осадками сравнительно невелика (менее 80%) и, кроме того, велика повторяемость “следов”, особенно в зимнее время. Такие условия наблюдаются во внутриконтинентальных районах Сибири, Якутии и Чукотки. Здесь суммарные потери на смачивание и испарение при очевидном отсутствии конденсата (из-за низкой влажности) за год колеблются от -1 до -16% (или от -4 до -30 мм).



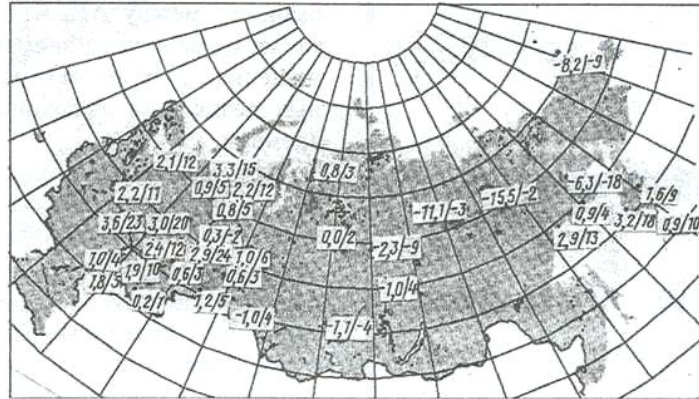


Рис. 2. Распределение значений  $(\Delta P_n - \Delta P)/P^*$  (числитель, %) и  $(\Delta P_n - \Delta P)$  (знаменатель, мм).

Точка — местоположение каждой из выбранных станций (см. табл. 1).

За сезон жидких осадков в подавляющем большинстве случаев значения  $(\Delta P_n - \Delta P)/P^*$  не выходят за пределы  $\pm 2\%$ . Отрицательные значения, достигающие 3—7%, отмечаются там, где наблюдаются наименьшие значения относительной влажности воздуха, а следовательно, возрастают потери осадков в результате испарения. При средней за сезон относительной влажности в дни с осадками более 80% значения  $\Delta P_n$  всегда несколько больше, чем  $\Delta P$ . То есть применяемая поправка на смачивание в сезон с жидкими осадками так же, как и за год, во многих случаях оказывается за-

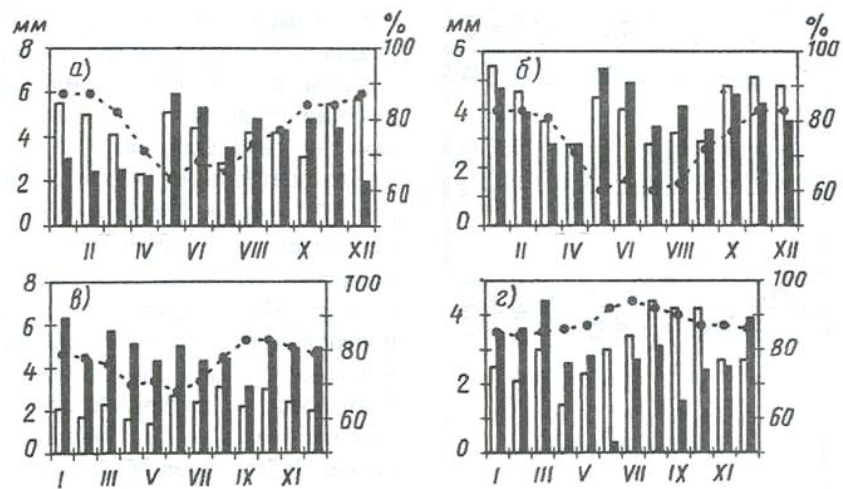


Рис. 3. Годовой ход значений  $\Delta P_n$  (светлый столбец),  $\Delta P$  (темный столбец) и относительной влажности  $r$  (пунктир) для станций с разным климатическим режимом.

а) Самара; б) Оренбург; в) Оленек; г) о. Диксон.

вышенной по сравнению с суммарной поправкой  $\Delta P$ , учитывающей также и потери на испарение.

За сезон с твердыми и смешанными осадками повторяются примерно те же закономерности, что и в годовых значениях, с той разницей, что в большинстве случаев сезонные относительные значения разности  $(\Delta P_n - \Delta P)/P$  больше, а абсолютные — меньше.

Существенные различия между месячными значениями  $\Delta P_n$  и  $\Delta P$ , обусловленные различием их физического содержания, весьма заметно проявляются в их годовом ходе. На рис. 3 в качестве наиболее характерных примеров приведен годовой ход абсолютных значений  $\Delta P_n$  и  $\Delta P$  для четырех станций, где эти различия выявляются особенно наглядно. Там же представлен годовой ход относительной влажности воздуха в дни с осадками. Среднее число дней со следами осадков на этих же станциях показано в табл. 2.

В Самаре и Оренбурге при близких годовых значениях  $\Delta P_n$  и  $\Delta P$  и сходной форме кривых годового хода обеих характеристик отчетливо заметно различие в величине их экстремумов. Летом при минимальной относительной влажности воздуха максимальные значения суммарной поправки  $\Delta P$  заметно превышают поправку на смачивание  $\Delta P_n$ , что вполне объясняется увеличением испарения в этот сезон. В зимние месяцы наблюдается обратная картина: влажность существенно возрастает, что приводит к уменьшению значений  $\Delta P$ . Поскольку число дней со следами осадков на обеих станциях невелико и мало меняется в годовом ходе (табл. 2), их влияние на значения  $\Delta P_n$  и  $\Delta P$  незначительно, и все различия в основном определяются годовым ходом влажности воздуха, т. е. вкладом процессов испарения и конденсации.

Годовой ход значений  $\Delta P_n$  и  $\Delta P$  на станции Оленек является ярким примером влияния на их различие обоих факторов: большого числа дней со следами осадков, особенно в осенне-зимний период, и сравнительно малой относительной влажности воздуха в течение всего года. В результате во все месяцы года  $\Delta P_n$  существенно меньше  $\Delta P$  и формы кривых годового хода имеют практически обратную конфигурацию. Суммарные годовые значения  $\Delta P_n$  и  $\Delta P$  различаются почти вдвое, составляя 27 и 58 мм соответственно.

Особенно сложно проявляется взаимодействие всех влияющих факторов на величину разности  $\Delta P_n$  и  $\Delta P$  на станции о. Диксон. Здесь их годовые значения практически одинаковы (36 и 33 мм соответственно). Однако

Таблица 2

Среднее месячное число дней со следами осадков

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
О. Диксон	8	7	8	10	16	15	12	13	12	12	10	9	132
Оленек	13	11	12	10	11	10	7	8	11	12	12	15	132
Самара	6	6	6	5	5	5	5	5	5	6	4	5	63
Оренбург	6	5	2	4	4	4	3	4	2	5	5	6	50



годовой ход числа дней со следами осадков и годовой ход относительной влажности здесь имеют максимумы в весенне-летний период года (хотя к периоду с твердыми и смешанными осадками относится практически весь год). Одновременное влияние этих факторов приводит к весьма сложной форме обеих кривых годового хода. Относительно малые значения  $\Delta P$  с июня по октябрь определенно объясняются большой влажностью, а возрастание их и по абсолютной величине, и по отношению к  $\Delta P_n$  с декабря по май — уменьшением влажности. Нужно заметить, что большое число дней со следами осадков при высокой влажности не приводит к увеличению  $\Delta P$ , как это происходит при относительно малой влажности, например, на станции Оленек.

### Выводы

Разность между действующей поправкой на смачивание  $\Delta P_n$  и суммарной поправкой  $\Delta P$  объясняется тем, что последняя учитывает также влияние процессов испарения из осадкомера и конденсации атмосферной влаги на его внутренней поверхности. При этом значения  $\Delta P_n$  при определенных условиях в естественной среде могут быть преувеличенными из-за того, что в момент измерения внутренняя поверхность осадкосборного сосуда оказывается влажной (из-за осаждения атмосферной влаги, из-за “отпотевания” при резкой смене температур от внешней среды к помещению, где производятся измерения, из-за того, что стенки сосуда не успевают высыхать от одного срока измерения до другого, и т. п.). В таких случаях потеря на смачивание практически не происходит вообще либо они становятся меньше тех, что определены Наставлением [10].

В результате сравнений, проведенных на материале 36 станций, расположенных в различных климатических условиях России, установлено, что средние за 5—6 лет годовые значения разности  $(\Delta P_n - \Delta P)/P$  в большинстве случаев различаются на 1—3% от соответствующей годовой суммы осадков. Максимальное значение этой разности составляет 3,6%, или 23 мм (Нижний Новгород). Все положительные значения данной разности характерны для достаточно увлажненных районов морского или умеренно-континентального климата Европейской России, восточного побережья РФ и Камчатки. Во внутриконтинентальных районах Сибири и Якутии со сравнительно малой влажностью во время осадков в течение всего года и большим количеством следов осадков значения разности  $(\Delta P_n - \Delta P)/P$  становятся отрицательными и достигают 11—16% (станции Оленек, Верхоянск) при малых годовых суммах осадков. В абсолютном выражении эти значения составляют –30 и –23 мм соответственно.

За сезон жидких осадков относительные значения разности  $(\Delta P_n - \Delta P)/P$  варьируют в пределах  $\pm 2\%$ . Влияние потерь на испарение (увеличение  $\Delta P$  до значений  $> \Delta P_n$ ) особенно заметно летом при малой влажности воздуха (станции Оренбург, Оленек, Верхоянск). Здесь значения  $\Delta P$  превышают  $\Delta P_n$  на 4—7% соответствующих сезонных сумм осадков.

За сезон с твердыми и смешанными осадками разность между  $\Delta P_n$  и  $\Delta P$  колеблется от 7 до –10% соответствующей сезонной суммы осадков. На

внутриконтинентальных станциях эта разность достигает  $-18\%$  (станция Оленек) и  $-28\%$  (станция Верхоянск). В абсолютном выражении это составляет 24,6 и 27,7 мм соответственно.

Годовой ход значений  $\Delta P_n$  и  $\Delta P$  различается весьма существенно. Эти различия определяются в основном относительной влажностью воздуха в дни с осадками, так как от этого фактора зависят потери на испарение. Кроме того, существенную роль играют количество и годовой ход числа дней со следами осадков. В результате в большинстве случаев значения  $\Delta P$  в зимние и переходные месяцы меньше  $\Delta P_n$ , а в летние месяцы  $\Delta P > \Delta P_n$ . Если же на станции в зимние месяцы наблюдается большое число дней со следами осадков при сравнительно малой влажности (станция Оленек), то в течение всего года  $\Delta P > \Delta P_n$ , если же влажность большая и нет четко выраженного периода с жидкими осадками (станция о. Диксон), то весьма существенные различия в годовом ходе  $\Delta P$  и  $\Delta P_n$  определяются совместным влиянием годового хода влажности и годового хода числа дней со следами осадков.

В заключение следует отметить, что результаты проведенного исследования лишь выявляют и количественно определяют различие между действующей поправкой на смачивание и суммарной поправкой, учитывающей, кроме смачивания, еще и эффекты испарения из осадкомера и конденсации атмосферной влаги на его внутренней поверхности. Учета этих различий еще недостаточно для получения статистически однородных временных рядов осадков. С этой целью необходимо учитывать все погрешности в комплексе так, как это представлено в (1).

## Литература

1. Богданова Э. Г., Голубев В. С., Ильин Б. М., Драгомилова И. В. Новая модель корректировки измеренных осадков и ее применение в полярных районах России. — Метеорология и гидрология, 2002, № 10, с. 68—94.
2. Богданова Э. Г., Мещерская А. В. Оценка влияния потерь на смачивание на однородность рядов годовых сумм осадков. — Метеорология и гидрология, 1998, № 11, с. 88—99.
3. Брызгин Н. Н., Кузнецова Л. П., Максимов Г. А., Нечаев И. Н., Швер Ц. А. Потери осадков на смачивание осадкомерного ведра в зависимости от вида осадков и их количества. — Метеорология и гидрология, 1967, № 3, с. 106—109.
4. Временные указания по введению поправок в месячные суммы осадков при расчетах водных балансов речных бассейнов. — Валдай, ГГИ, 1967.
5. Голубев В. С. Изучение точности учета атмосферных осадков. — Труды ГГИ, 1969, вып. 176, с. 149—164.
6. Голубев В. С. Методика корректировки срочных и месячных величин атмосферных осадков и результаты ее проверки. — Труды ГГИ, 1973, вып. 207, с. 11—27.
7. Голубев В. С., Коновалов Д. А., Богданова Э. Г., Ильин Б. М. Полная модель корректировки осадкомерных данных; методика и алгоритм оценки систематических составляющих погрешности. — Geneva, WMO, Instruments and Observing Methods, Report No. 74, WMO/TD-No. 1028, 2000, pp. 136—139.
8. Голубев В. С., Коновалов Д. А., Симоненко А. Ю., Товмач Ю. В. Корректировка измерений осадков и оценка их качества по данным Валдайской гидрологической станции. — Метеорология и гидрология, 1999, № 1, с. 103—113.



9. Голубев В. С., Коновалов Д. А., Симоненко А. Ю., Товмач Ю. В. Оценка погрешностей измерения осадков Валдайской контрольной системой. — Метеорология и гидрология, 1997, № 7, с. 108—116.
10. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 3, ч. I. — Л., Гидрометеиздат, 1985, 300 с.
11. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1—6. — Л., Гидрометеиздат, 1968—1990.
12. Нечаев И. Н. Корректировка месячных и годовых норм осадков поправками на смачивание осадкомерных сосудов. — Труды ГГО, 1966, вып. 195, с. 5—39.
13. Нечаев И. Н. Потери осадков на смачивание осадкомеров и методика корректировки сумм осадков. — Труды ГГО, 1965, вып. 175, с. 76—86.
14. Разуваев В. Н., Апасова Е. Г. Мартуганов Р. А. Шести- и трехчасовые метеорологические наблюдения по данным 223 станций СССР. — Обнинск, ВНИИГМИ-МЦЦ, 1995, 69 с.
15. Справочник по климату СССР, часть IV, вып. 1—34. — Л., Гидрометеиздат, 1965—1970.
16. Струзер Л. Р., Нечаев И. Н., Богданова Э. Г. Систематические погрешности измерения атмосферных осадков. — Метеорология и гидрология, 1965, № 10, с. 50—54.
17. Струзер Л. Р., Нечаев И. Н., Богданова Э. Г., Федорова Е. А. Методика корректировки многолетних норм осадков. — Метеорология и гидрология, 1965, № 11, с. 43—50.
18. Струзер Л. Р., Нечаев И. Н. О введении поправок на смачивание стенок водосборного сосуда в измеренные значения осадков. — Труды ГГО, 1968, вып. 215, с. 57—72.
19. Golubev V. S. and Bogdanova E. G. Point measurements of solid precipitation. /In: Proc. of Workshop on the ACSYS Solid Precipitation Climatology Project, Reston, VA, USA, September 1995. — Geneva, WMO, WMO/TD-No. 739, 1996, pp. 18—29.
20. Golubev V. S., Bogdanova E. G., and Simonenko A. Yu. The effect of blizzards on the correction method of precipitation data in Arctic region. /In: Proc. of the Workshop on the Implementation of the Arctic Precipitation Data Archive of the Global Precipitation Climatology Center, Offenbach, Germany, July, 1996. — Geneva, WMO, WMO/TD-No. 804, 1997, pp. 74—79.
21. WMO. Instruments and Observing Methods, Report No. 67. WMO Solid Precipitation Measurement Intercomparison. Final Report, WMO/TD-No. 872, 1998, 300 p.

Поступила  
21 VI 2005

#### CORRECTION FOR MOISTENING, EVAPORATION, AND CONDENSATION IN MEASUREMENTS OF PRECIPITATION BY A TRET'YAKOV RAINGAUGE

E. G. Bogdanova and B. M. Il'in

*On the basis of results of observations at 36 stations in Russia, the mean long-term annual and monthly values of a moistening correction introduced into the current measurements of precipitation are compared with the total correction, including the effect of evaporation and condensation processes on the results of precipitation measurement by a Tret'yakov raingauge. The differences are shown between the annual and seasonal values of these corrections and their annual variation under different climatic conditions. A map is presented for the annual values of the difference between the absolute and relative types of corrections.*