

## КОРРЕКТИРОВКА МЕСЯЧНЫХ СУММ ТВЕРДЫХ ОСАДКОВ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АРКТИКЕ

*канд. геогр. наук Н.Н. БРЯЗГИН*

*ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, e-mail: aaricoop@aari.ru*

Предлагается метод корректировки месячных сумм твердых осадков, измеряемых на арктических станциях, обеспечивающий приемлемую точность определения параметров их временной изменчивости для климатических исследований.

*Ключевые слова:* осадки, коррекция, месячные суммы, изменчивость.

Получение надежных количественных характеристик выпадающих осадков затруднено тем обстоятельством, что измеренные величины содержат как случайные, так и систематические ошибки. Кроме того, в разные годы для их измерений использовались разные приборы. В Арктике до 1954 г. использовался дождемер с защитой Нифера. Основная погрешность дождемера связана с выдуванием из него твердых осадков. С 1952 г. в Арктике дождемер начали заменять на осадкомер Третьякова О-1. Главная погрешность нового осадкомера — наметание снега в осадкомерное ведро с поверхности снежного покрова при сильном ветре. Переход от дождемерных наблюдений к осадкомерным выявил неоднородность данных, особенно заметную в зимний период на полярных станциях, где отмечаются сильные метели. Пример отличий результатов этих двух видов наблюдений за осадками приведен в табл. 1 (Aleksandrov et al., 2005).

Методика приведения месячных сумм осадков, измеренных дождемером Нифера, к наблюдениям по осадкомеру Третьякова в полярных районах была разработана на основе сравнения результатов параллельных измерений этими приборами, проводившихся на сети арктических станций в 1950–1954 гг. В ре-

*Таблица 1*

**Месячные суммы осадков в январе на о. Диксон,  
измеренные дождемером (1945–1952 гг.) и осадкомером Третьякова (1953–1960 гг.), мм**

Год	Осадки	Год	Осадки
1945	4	1953	49
1946	4	1954	167
1947	3	1955	86
1948	3	1956	49
1949	4	1957	32
1950	3	1958	39
1951	8	1959	18
1952	5	1960	13

зультате было установлено, что величина систематических различий между месячными суммами осадков, измеренных осадкомером Третьякова и дождемером с защитой Нифера: 1) всегда положительна; 2) зависит от вида осадков — жидкие, смешанные, твердые; 3) для твердых осадков она зависит и от их количества. Но всегда, вне зависимости от вида осадков и их количества, эта разница возрастает с увеличением скорости ветра, что связано с конструктивными особенностями используемых приборов.

Величины коэффициентов для пересчета месячных сумм осадков, измеренных дождемером с защитой Нифера, к значениям этих величин по измерениям осадкомером Третьякова приведены в табл. 2 (Aleksandrov et al., 2005; Bryazgin, 1996).

Таблица 2

**Поправочные коэффициенты для пересчета месячных сумм осадков по дождемеру к осадкомерным для жидких (Кж), для смешанных (Кс) и для твердых (Кт) осадков**

Среднемесячная скорость ветра по флюгеру, м/с	Кж	Кс	Количество измеренных дождемером твердых осадков, мм		
			Кт		
			0–10	11–20	> 21
1	1,02	1,15	1,4	1,3	1,2
2	1,03	1,26	1,9	1,7	1,3
3	1,05	1,37	2,5	2,0	1,4
4	1,07	1,48	3,2	2,3	1,5
5	1,09	1,55	3,9	2,5	1,6
6	1,12	1,66	4,2	2,7	1,8
7	1,15	1,71	4,4	2,9	1,9
8	1,17	1,85	4,6	3,1	2,1
9	2,00	1,93	4,8	3,3	2,2
10	2,24	2,00	5,0	3,5	2,3
11	2,27	2,10	5,2	3,6	2,4
12	3,30	2,20	5,4	3,8	2,6
13	–	–	5,6	4,0	2,7
14	–	–	5,8	4,1	2,9
15	–	–	6,2	4,3	3,0

Месячные суммы осадков рассчитываются по данным ежедневных (2 раза в сутки) измерений стандартным осадкомером ОС-1. Осадкомер имеет 4 вида погрешностей: за счет смачивания внутренних стенок и дна осадкомерного сосуда, за счет испарения собранных осадков между сроками смены осадкомерных ведер, за счет ветрового недоучета выпадающих осадков и наибольшая ошибка — за счет наметания ложных осадков (снега с поверхности снежного покрова) во время метелей.

По полученным экспериментальным оценкам погрешность за счет смачивания составляет +0,2 мм на каждое измерение жидких осадков и +0,1 мм — для твердых и смешанных. Эти поправки вносятся непосредственно наблюдателями на арктических станциях. Когда отмечается 00 мм (менее 0,5 деления осадкомерного стакана), вводится поправка +0,05 мм (Указания, 1969).

Величина погрешности осадкомерных измерений за счет испарения осадков из ведра оценивается от 2 до 10 % месячной суммы. Эта поправка на станциях не

вводится и должна учитываться в климатических исследованиях. Один из способов ее учета предложен в работе (Aleksandrov et al., 2005).

В этой же работе описан способ коррекции месячных сумм осадков разного вида (жидких, смешанных и твердых) в зависимости от скорости ветра. Но он достаточно трудоемок и требует для корректировки количества твердых осадков срочной ежедневной информации о наличии или отсутствии метели на протяжении исследуемого месяца, что практически трудновыполнимо.

Ниже предлагается методика исправления месячных сумм осадков за холодный период на арктических станциях без учета скорости ветра. Она основана на сравнениях измеренных месячных сумм твердых осадков с накопленным за месяц запасом воды в снежном покрове. Для исследования были выбраны станции, на которых измерения высоты снежного покрова в минимальной степени были подвержены эффекту ветрового снегопереноса. Снегомерные наблюдения на них производились преимущественно на полянах в лесу. В этом случае можно считать, что накопленный за месяц запас воды в снежном покрове равен количеству месячных осадков.

#### СУБАРКТИЧЕСКИЕ И АРКТИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Исследования проводились по данным наблюдений на станциях северных регионов: Печорский бассейн, Архангельская, Мурманская, Омская области, Красноярский край, Якутия, Чукотка. В каждом регионе выбрано от 5 до 17 станций, имеющих наблюдения за снежным покровом и осадками без всяких поправок на поляне в лесу. Месячные значения запаса воды в снежном покрове вычислялись как разности измеренных водозапасов в предыдущий и последующий месяцы. Для учета испарения снежного покрова в ряды запаса воды вводили поправку на испарение 5–8 мм/мес для разных месяцев (Арэ, 1981; Кузьмин, 1956).

По результатам измерений параметров снежного покрова и осадков были определены поправочные коэффициенты для исправления измеренных месячных сумм твердых осадков. Пример их определения по данным наблюдений на метеорологических станциях в Печорском бассейне представлен в табл. 3. Поправочный коэффициент определялся как результат деления исправленного значения накопленного за конкретный месяц запаса воды на исправленное значение месячного количества осадков (выделены жирным шрифтом в табл. 3).

Таблица 3

#### Определение поправочного коэффициента (*K*) для исправления измеренных месячных сумм твердых осадков на станциях в Печорском бассейне

Характеристика	Месяцы				
	XI	XII	I	II	III
Измеренный запас воды в снеге, мм	44	100	140	175	209
Накопленный месячный запас воды, мм	–	46	40	35	34
Поправка на испарение, мм	–	6	6	7	8
Исправленный накопленный месячный запас воды, мм	–	<b>52</b>	<b>46</b>	<b>42</b>	<b>42</b>
Месячное количество осадков, мм	–	41	37	33	32
Поправка на смачивание, мм	–	1,7	1,6	1,5	1,5
Исправленное месячное количество осадков, мм	–	<b>43</b>	<b>39</b>	<b>34</b>	<b>34</b>
Поправочный коэффициент	–	<b>1,21</b>	<b>1,18</b>	<b>1,24</b>	<b>1,24</b>

Таблица 4

**Поправочные коэффициенты (*K*) в различных северных регионах**

Регионы	Число станций для расчета	Коэффициент <i>K</i>				
		В среднем за зиму	XII	I	II	III
Печорский бассейн	11	1,21	1,20	1,18	1,23	1,23
Архангельская область	8	1,18	1,16	1,16	1,23	1,19
Мурманская область	12	1,26	1,25	1,33	1,29	1,19
Омская область	13	1,33	1,30	1,40	1,40	1,21
Красноярский край	5	1,22	1,20	1,23	1,23	1,23
Якутия	18	1,37	1,35	1,35	1,42	–
Чукотка	14	1,30	1,23	1,36	1,28	1,32

Такие же расчеты были проведены по наблюдениям на станциях в остальных регионах. Полученные поправочные коэффициенты для корректировки измеренных месячных сумм твердых осадков в зимние месяцы с декабря по март приводятся в табл. 4.

В среднем для всех регионов поправочный коэффициент равен 1,27. Наименьшее значение поправочного коэффициента встречается в Архангельской области — 1,18, а наибольшее в Якутии — 1,37. В Якутии более высокое значение коэффициента обусловлено характером влияния сибирского антициклона. Здесь зимой отмечается большая сухость воздуха по сравнению с другими арктическими районами, вследствие чего испарение твердых осадков в осадкомерном ведре происходит более интенсивно. В целом для большинства арктических станций, исключая некоторые, можно использовать средний коэффициент, равный 1,27.

В Арктике имеются станции, на которых отмечается значительное наметание снега в осадкомер во время метелей. Кроме того, снежный покров в окрестностях этих станций сильно перемещается, снег скапливается в понижениях рельефа и частично сдувается в море. Таких станций насчитывается семь: Русская Гавань, Малые Кармакулы, Амдерма, Диксон, Тикси, Певек, Бухта Провидения. Кроме того, на них очень часто наблюдаются общие метели, в случае которых просто невозможно отделить собственно выпадающие осадки и наметанный в осадкомерное ведро снег. Изложенный выше подход к коррекции измеренных значений месячных сумм твердых осадков на этих станциях, к сожалению, невозможен.

**ПОЛЯРНЫЕ СТАНЦИИ СЕВЕРНОЙ КАНАДЫ**

Исследования возможности корректировки измеренных месячных сумм осадков по данным наблюдений на 15 полярных канадских станциях (Климатический...

Таблица 5

**Поправочные коэффициенты (*K*) для исправления измеренных месячных сумм твердых осадков на канадских станциях**

Станция	<i>K</i>	Станция	<i>K</i>	Станция	<i>K</i>
Юрика	1,23	Арктик-Бей	1,18	Доусон	1,15
Алерт	1,21	Кембридж-Бей	1,18	Форт-Гуд-Хоп	1,19
Исаксен	1,17	Аклавик	1,06	Норманн-Уэлс	1,23
Моулд-Бей	1,13	Коппермайн	1,03	Фробишер-Бей	1,06
Резольют	1,16	Корал-Харбор	1,07	Бейкер-Лэйк	1,20

Среднее — 1,15; максимум — 1,23; минимум — 1,03.

1985) выполнены по той же схеме, что и для российских станций, но с учетом того обстоятельства, что канадский осадкомерный прибор исключает наметание снега в осадкомерную емкость. Результаты расчетов коэффициентов за холодный период с сентября по апрель представлены в табл. 5.

Средний коэффициент оказался равным 1,15. Отличие его от среднего коэффициента на российских станциях (1,27) связано не с использованием различных измерительных устройств, а, наиболее вероятно, с различным режимом скоростей ветра в холодный период года. На канадских станциях скорость ветра меньше, чем на российских, и поэтому ветровой недоучет осадков на канадских станциях меньше.

В целом предлагаемая методика исправления месячных сумм твердых осадков применима на большинстве арктических станций для использования в климатических исследованиях характеристик осадков в Арктике.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Арэ А.Л.* Испарение снега в Якутии и его связь с элементами метеорологического режима // *Материалы гляциологических исследований.* 1981. № 41. С. 209–213.

*Климатический справочник Северной Америки.* Л.: Гидрометеиздат, 1985. 448 с.

*Кузьмин П.П.* Физические свойства снежного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1957. 179 с.

Указания для гидрометеорологических станций по введению поправок к измеренным величинам атмосферных осадков. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 30 с.

*Aleksandrov Ye.I., Bryazgin N.N., Forland E.J., Radionov V.F., Svyashchennikov P.N.* Seasonal, interannual and long-term variability of precipitation and snow depth in the region of the Barents and Kara seas // *Polar Research.* 2005. Vol. 24 (1–2). P. 69–85.

*Bryazgin N.N.* Method of measurement and correction of solid precipitation in the Russian Arctic. In: *Proceedings of the workshop on the ACSYS solid precipitation climatology project. WCRP-93.* Geneva: World Meteorological Organization. WMO/TD. 1996. № 739. P. 30–32.

*N.N. BRYAZGIN*

#### **METHOD OF CORRECTION OF MONTHLY TOTALS OF SOLID PRECIPITATION IN THE ARCTIC FOR CLIMATIC INVESTIGATIONS**

The method of correction of monthly solid precipitation totals at Arctic meteorological stations is described. It provides a satisfactory accuracy of determination of climatic parameters of temporal precipitation variability.

*Keywords:* Precipitation, correction, monthly total, variability.