

А.Е. Букатов, Е.А. Павленко

*Морской гидрофизический институт НАН Украины, г. Севастополь*

### **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НАРУШЕНИЙ ОДНОРОДНОСТИ РЯДОВ КЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕНЧИВОСТИ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В РЕГИОНЕ АЗОВСКОГО МОРЯ**

Проведено исследование влияния нарушений однородности рядов инструментальных измерений атмосферных осадков на прибрежных гидрометеорологических станциях Азовского моря на оценки норм осадков, их трендов и годового цикла для различных периодов наблюдений. Рассмотрено влияние систематических погрешностей, вызванных сменой приборов, изменением числа сроков наблюдений в сутки и введением поправок на смачивание, рекомендованных в 1967 году.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *данные, ряды данных, осадки атмосферные, осадкомер, сроки наблюдения, поправки.*

**Введение.** Атмосферные осадки – одна из наиболее важных характеристик климата. Знание их режима необходимо для разнообразных практических потребностей. Временные ряды осадков используются для расчета долговременных тенденций (трендов), среднемноголетних значений (норм), для водно-балансовых исследований, при прогнозировании и моделировании климата.

Известно, что трудность получения выводов о климатических изменениях в рядах осадков связана со сложностью учета различного рода систематических погрешностей. Неоднородность рядов служит источником ошибок в определении характеристик осадков и тенденций их временных изменений.

Нарушение однородности в рядах данных об осадках, получаемых с помощью инструментальных измерений, в первую очередь связано с изменениями методики наблюдений на метеостанциях. Для территории бывшего СССР в XX веке к таким изменениям относятся [1]:

- переход от односрочных к двухсрочным измерениям осадков (1936 г.);
- замена дождемера с защитой Нифера на осадкомер Третьякова (конец 1940-х – начало 1950-х гг.);
- переход с двухсрочных на четырехсрочные измерения и введение поправок (+0,2 мм для всех видов осадков), компенсирующих потери на смачивание (1966 г.);
- изменение поправок на смачивание (+0,1 мм) для твердых осадков (1967 г.);
- переход с четырехсрочных на двухсрочные измерения на всех станциях бывшего СССР, исключая II часовой пояс [2] (1986 г.).

Кроме указанных выше изменений методики наблюдений, неоднородность рядов данных об осадках может быть обусловлена также переносом метеорологических площадок и изменением окружающей обстановки (вырубка или насаждение деревьев, застройка и т.д.).

Значительная погрешность в измерениях твердых осадков дождемером с защитой Нифера стала основной причиной замены приборов в середине прошлого столетия. Методика приведения дождемерных данных к показаниям осадкомера разработана Ц.А. Швер [3]. Значения месячных и годовых коэффициентов ( $K_1$ ) для приведения рядов включены в Справочник по климату СССР [4].

В соответствии с действующими наставлениями с 1966 г. в данные измерений осадков стали вводиться поправки, компенсирующие потери на смачивание внутренней поверхности осадкосборного сосуда. Для корректировки данных, полученных до 1966 г., были рассчитаны пересчетные ( $K_3$ ) коэффициенты (доля от месячного количества измеренных осадков) для каждой станции бывшего СССР и опубликованы в Справочнике по климату [4]. Причем, данные за 1966 г. практически при всех обобщениях не принимаются во внимание, т.к. поправка на смачивание вводилась по другой методике, а суммарная месячная поправка не подсчитывалась и не публиковалась [5]. В настоящее время во многих исследованиях показано, что принятая методика корректировки осадков не во всех случаях правильно учитывает погрешности, возникающие вследствие потерь на смачивание. Следует отметить, что суммарные потери на смачивание зависят от числа сроков с осадками. В работе Э.Г. Богдановой и А.В. Мещерской [5] показано, что коэффициент  $K_3$  завышен по сравнению с реально вводимыми поправками на смачивание при двухсрочных измерениях на 2 – 4%. С 1967 г. исправленные на смачивание годовые суммы осадков при четырехсрочных наблюдениях превышают соответствующие исправленные суммы при двухсрочных измерениях в среднем на 7%. В работе [5] даны также рекомендации по устранению неоднородности рядов из-за изменения числа сроков измерений осадков в сутки и введения поправок на смачивание, принятых в 1967 г.

Влияние на показания осадкомера оказывают и такие систематические погрешности, как аэродинамическая погрешность (ветровой недоучет), испарение и конденсация на стенках осадкомерного сосуда, наметание снега во время метелей, определение величины ложных осадков. Организационный комитет ВМО, основываясь на результатах экспериментов, выполненных в 1985 – 1996 гг., разработал новую методику корректировки осадков [6, 7]. Однако корректировочные уравнения, полученные ВМО, рекомендуется использовать для скоростей ветра менее 6,5 м/с и в отсутствие метелей.

Группой специалистов Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (Россия) была предложена модель Голубева для корректировки величины измеренных суточных осадков [8]. Проведена корректировка суточных сумм осадков, измеренных на 16 станциях арктического побережья и полярных районов России за период с середины 1950-х по 1990 гг. Эта методика позволяет учесть все основные систематические погрешности осадкомера Третьякова при наличии полного исторического архива метеорологических характеристик (температура воздуха, атмосферное давление на станции, скорость ветра во время осадков, высота снежного покрова в пункте наблюдения, продолжительность метели и др.).

П.Я. Гройсманом и Э.Я. Раньковой проведен анализ методик введения поправок, рекомендованных в действующих наставлениях и в работах Э.Г. Бог-

дановой, А.В. Мещерской, а также методики ВМО. Ими предложена новая методика корректировки осадков на смачивание в зависимости от числа сроков выпадения осадков в сутки. Подготовлен массив скорректированных данных месячных и ежедневных сумм осадков (введены поправки на смену приборов и на смачивание по разработанной методике) для станций бывшего СССР [1, 9]. В работе [1] приведены средние пересчетные коэффициенты для каждой часовой зоны, рекомендованные для исправления временных рядов осадков. Данный массив включен в глобальный архив *NCDC GHCN* [10, 11].

Целью настоящей работы является оценка погрешности, вносимой нарушениями однородности в рядах атмосферных осадков в определение трендов, среднегодовых величин и годовой цикл сумм осадков для различных временных интервалов инструментальных наблюдений на прибрежных станциях Азовского моря. Рассмотрено влияние систематических погрешностей, вызванных сменой приборов, изменением числа сроков наблюдений в сутки и введением поправок на смачивание, рекомендованных в 1967 г.

**Материалы и методика.** В работе использованы три массива данных об осадках на прибрежных станциях Азовского моря: Ростов-на-Дону (1895 – 2008 гг.), Геническ (1911 – 2005 гг.), Керчь (1936 – 2005 гг.). Первый массив ежедневных сумм осадков ВНИГМИ-МЦД [12]. Архив содержит данные, которые публиковались в Метеорологическом ежемесячнике СССР, часть 1 «Ежедневные данные». В архиве представлены данные измеренных осадков, полученные на метеостанциях в соответствии с действующими на момент наблюдений наставлениями. Таким образом, ряды не содержат никаких поправок, кроме поправок на смачивание, которые стали вводиться при каждом измерении осадков с 1966 года. Второй архив месячных сумм осадков составлен на основе архива измеренных осадков с учетом введения поправок на смену приборов ( $K_1$ ) и на смачивание ( $K_3$ ) в данные до 1966 г. [4]. В качестве эталонного ряда использован архив месячных сумм осадков *NCDC GHCN* [10, 11, 13]. Данный архив содержит поправки, устраняющие нарушение однородности вследствие замены приборов, изменения числа сроков наблюдений в сутки, а также поправки, компенсирующие потери на смачивание, рассчитанные по методике П.Я. Гройсмана и Э.Я. Раньковой. Для выбранных станций данные в архиве *GHCN* доступны с начала инструментальных наблюдений и до 90-х годов прошлого столетия, поэтому полученный массив дополнен данными по 2008 г. на основе ежедневных данных ВНИГМИ-МЦД. В дополнительные данные для рядов осадков введены поправки, устраняющие нарушения однородности рядов осадков в соответствии с рекомендациями, приведенными в работе [1].

Для оценки погрешности, вносимой нарушением однородности рядов, для каждой станции за каждый год рассматриваемого периода рассчитаны величины  $\delta_{1,2}$  по формулам

$$\delta_1 = \frac{Q_{ИЗМ} - Q_{ИСПР}}{Q_{ИСПР}} \times 100\% ,$$

$$\delta_2 = \frac{Q_{K_1, K_3} - Q_{ИСПР}}{Q_{ИСПР}} \times 100\%$$

где  $Q_{ИЗМ}$  – измеренные суммы осадков,  $Q_{K_1, K_3}$  – суммы осадков, исправленные с использованием коэффициентов  $K_1, K_3$ ,  $Q_{ИСПР}$  – суммы осадков, исправленные по методике Гройсмана.

Далее для периодов с одинаковой методикой наблюдений для каждой из рассматриваемых метеостанций проводилось осреднение полученных величин  $\delta_{1,2}$ . Проведено сравнение годового цикла величин  $Q_{ИЗМ}$ ,  $Q_{K_1, K_3}$ ,  $Q_{ИСПР}$  и их средних месячных многолетних значений. Определены средне-месячные величины  $\delta_{1,2}$ .

Для анализа влияния неоднородности рядов на оценки их долговременных тенденций проведено сравнение угловых коэффициентов трендов рядов годовых сумм  $Q_{ИЗМ}$ ,  $Q_{K_1, K_3}$  и  $Q_{ИСПР}$ , а также сумм осадков за холодное (октябрь-март) и теплое (апрель-сентябрь) полугодия. Тренды рассчитаны в линейном приближении методом наименьших квадратов. Пусть  $A = a_1(n-1)$  – величина тренда за рассматриваемый промежуток времени, где  $a_1$  – угловой коэффициент,  $n$  – длина ряда. Для определения статистической значимости тренда рассчитаны коэффициенты детерминации ( $R$ ), определяющие вклад тренда в общую дисперсию ряда. Оценка тренда считается значимой, если  $R \geq t / \sqrt{n-2+t^2}$ , где  $t$  – параметр Стьюдента [14].

Следует отметить, что оценка влияния нарушений однородности рядов на годовой цикл, среднемноголетние значения и линейные тренды осадков проведена для всего периода, выбранного в исследовании, и для современного периода (начиная с 1978 г.). Выбор последнего обусловлен тем, что во многих работах, посвященных исследованиям климатической изменчивости, именно данному периоду, когда глобальное потепление стало наиболее заметно, обычно уделяется особое внимание.

**Анализ результатов.** Средние годовые величины  $\delta_{1,2}$  для каждого периода с одинаковой методикой наблюдений, характеризующие нарушение однородности рядов годовых сумм осадков для станций Азовского моря представлены на рис. 1. Из него видно, что до 1966 г.  $Q_{ИЗМ}$  меньше, а начиная с 1967 г. превышают количество откорректированных сумм осадков  $Q_{ИСПР}$ . За период односрочных наблюдений по дождемеру величины  $\delta_1$  изменяются от -7,0 до -7,1 %. За период двухсрочных наблюдений (с 1936 г. до начала 1950 г.)  $Q_{ИЗМ}$  также меньше  $Q_{ИСПР}$  и значения  $\delta_1$  изменяются в пределах от -7,3 до -8,6 %. После замены приборов абсолютные величины  $\delta_1$  уменьшились. Так, за период с начала 1950-х годов и до 1966 г. оценки  $\delta_1$  составляют от -4,3 до -8,0 %. С 1967 г., после перехода на четырехсрочные наблюдения и введения поправок на смачивание при каждом наблюдении на метеостанциях,  $Q_{ИЗМ}$  превышают  $Q_{ИСПР}$  в среднем на 1,7 – 1,9 %. На станции Ростов-на-Дону, где в 1986 г. восстановлены двухсрочные наблюдения, превышение годовых величин  $Q_{ИЗМ}$  с середины 80-х по 2008 г. составляет в среднем 0,4%.

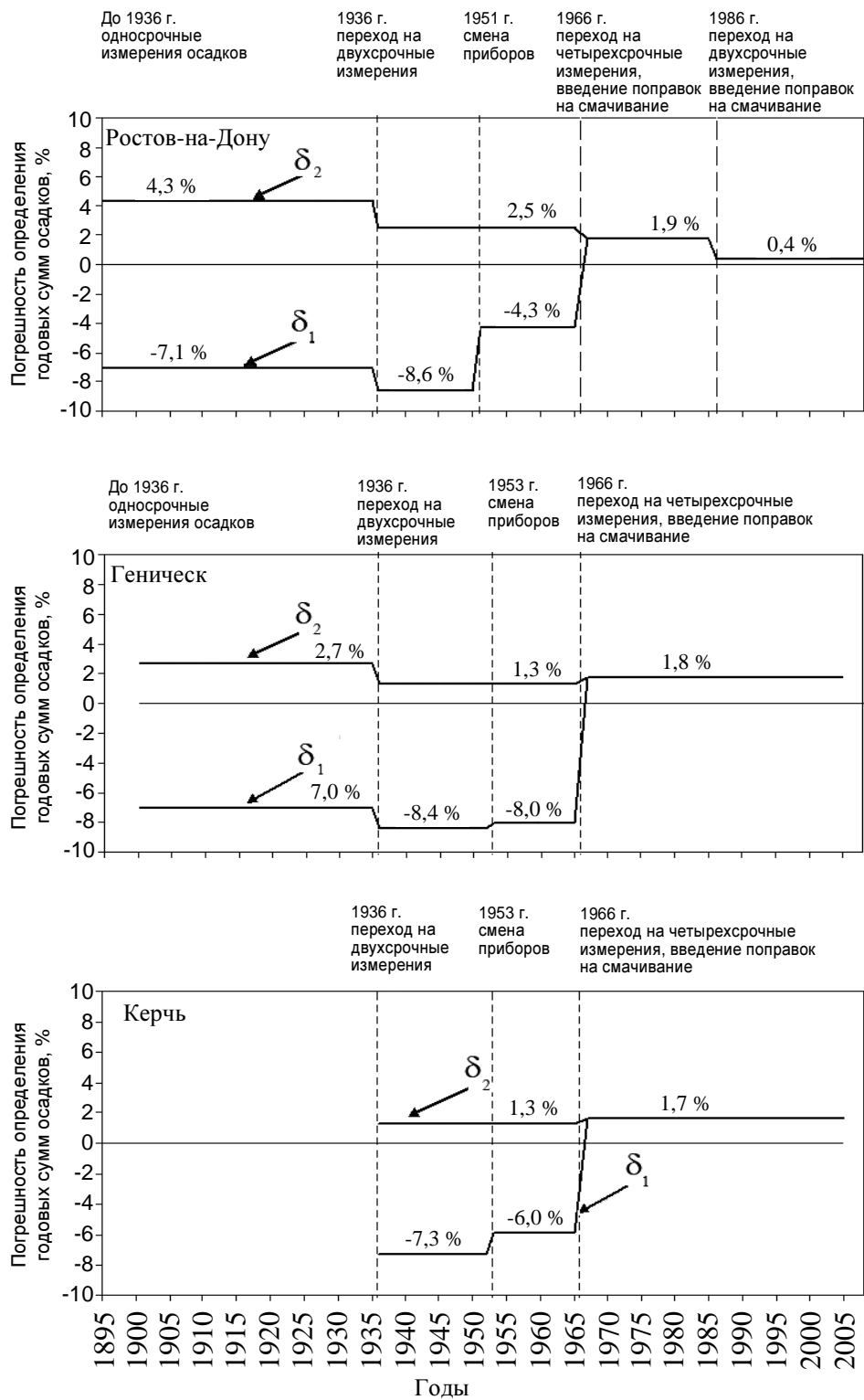


Рис. 1. Оценка влияния нарушений однородности рядов инструментальных наблюдений на определение годовых сумм осадков.

Суммы осадков, исправленные с использованием коэффициентов  $K_1$ ,  $K_3$  на протяжении всего периода инструментальных наблюдений превышают суммы осадков эталонного архива  $Q_{ИСПР}$ . За период односрочных наблюдений  $\delta_2$  составляет 2,7 – 4,3 %, а после перехода на двухсрочные измерения ошибка равняется 1,3 – 2,5 % от годовых сумм исправленных осадков. С 1967 г. и по настоящее время величины  $\delta_1$  и  $\delta_2$  совпадают, так как в этот период данные архивов  $Q_{ИЗМ}$  и  $Q_{K_1, K_3}$  содержат поправку на смачивание, вводимую наблюдателем на метеостанции, которая завышена по сравнению с реальными потерями на смачивание. Погрешность возрастает при увеличении числа сроков измерения осадков в сутки, т.к. осадкомерные ведра не успевают высохнуть от смены до смены и идут в установку уже смоченными. Величина ошибки увеличивается и при влажной погоде (особенно в холодный период года), т.к. невозможно учесть количество конденсата на поверхности ведер при резкой смене температуры [5].

На рис. 2 показан годовой ход среднегодовых месячных величин  $Q_{ИЗМ}$ ,  $Q_{K_1, K_3}$  и  $Q_{ИСПР}$  на станциях Азовского моря для всего периода, выделенного в исследовании, и для современного (начиная с 1978 г.). Нетрудно видеть, что годовые циклы измеренных и исправленных по двум рассматриваемым методикам осадков хорошо согласуются между собой для обоих выбранных периодов.

Однако следует отметить, что для всего периода исследования среднегодовые величины  $Q_{ИЗМ}$  для рассматриваемых станций во все месяцы года меньше  $Q_{ИСПР}$ . Исключением является соотношение  $Q_{ИЗМ}$  и  $Q_{ИСПР}$  в августе и октябре на станции Керчь (измеренные суммы больше исправленных). Это обусловлено меньшей длиной периода наблюдений по данной станции по сравнению с остальными исследуемыми. Среднегодовые величины  $Q_{ИЗМ}$  в теплый период года (с апреля по сентябрь) меньше  $Q_{ИСПР}$  на 5,2 мм ( $\delta_1 = -1,8\%$ ) для станции Ростов-на-Дону, на 2,9 мм ( $\delta_1 = -1,4\%$ ) для Геническа, и на 2,0 мм ( $\delta_1 = -0,9\%$ ) для Керчи. Суммы  $Q_{ИЗМ}$  за холодное полугодие (с октября по март) меньше  $Q_{ИСПР}$  на 9,1 мм ( $\delta_1 = -3,4\%$ ), 9,9 мм ( $\delta_1 = -5,4\%$ ) и 2,4 мм ( $\delta_1 = -1,1\%$ ) для станций Ростов-на-Дону, Геническ и Керчь соответственно.

Средние месячные величины  $Q_{K_1, K_3}$  за весь рассматриваемый период инструментальных наблюдений больше месячных сумм, рассчитанных по эталонному архиву  $Q_{ИСПР}$ . Превышение составляет в теплый период года 5,9 мм ( $\delta_2 = 2,1\%$ ) для Ростова-на-Дону, 2,1 мм ( $\delta_2 = 1,1\%$ ) для Геническа, и 1,7 мм ( $\delta_2 = 0,8\%$ ) для Керчи. В холодный период года  $Q_{K_1, K_3}$  превышают  $Q_{ИСПР}$  на 8,0 мм ( $\delta_2 = 3,0\%$ ), 4,8 мм ( $\delta_2 = 2,6\%$ ) и 4,5 мм ( $\delta_2 = 2,1\%$ ) на станциях Ростов-на-Дону, Геническ и Керчь соответственно.

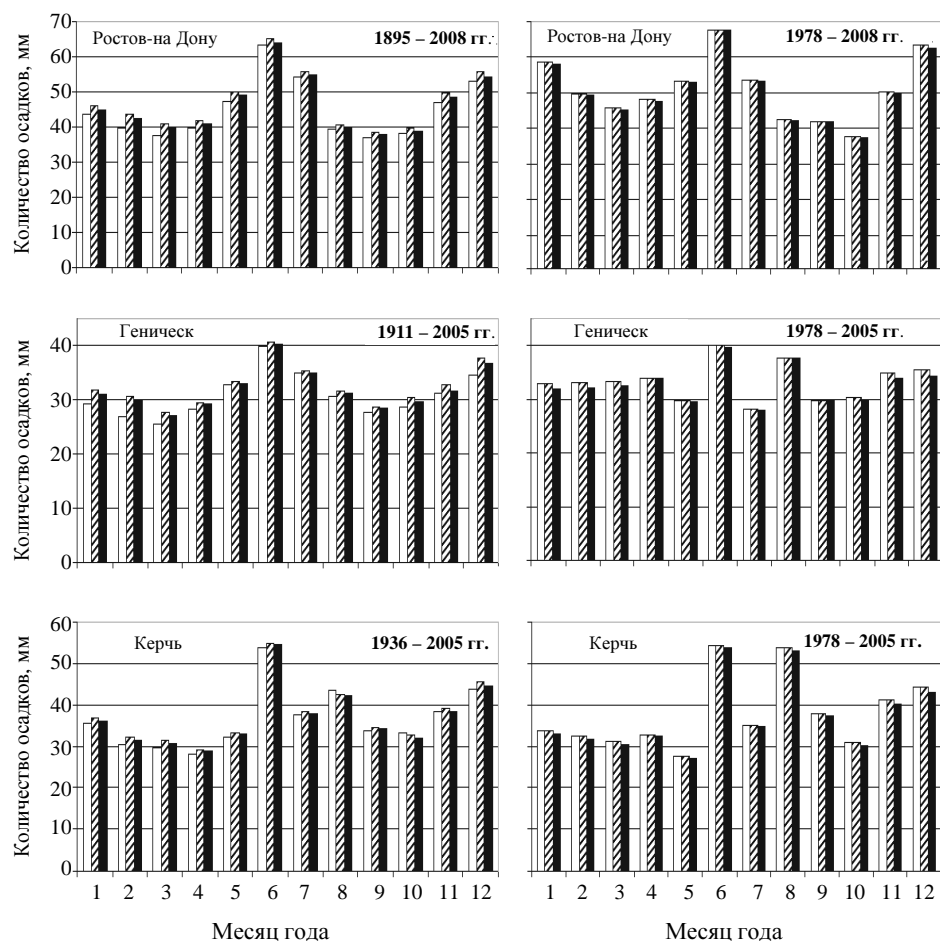


Рис. 2. Годовой ход сумм измеренных (штрихованная заливка), исправленных с использованием коэффициентов  $K_1, K_3$  (белая заливка) и исправленных по методике Гройсмана (черная заливка) осадков.

Для современного периода среднееголетние месячные величины  $Q_{ИЗМ}$  и  $Q_{K_1, K_3}$  совпадают и превышают величины  $Q_{ИСПР}$ . Это связано с различием методики введения поправок на смачивание, принятой в 1967 г., и методики, рекомендованной в работах Гройсмана [1, 9]. Так, величины  $Q_{ИЗМ}$  и  $Q_{K_1, K_3}$  в теплый период года на станции Ростов-на-Дону, Геническ и Керчь превышают  $Q_{ИСПР}$  на 1,5 мм ( $\delta_{1,2} = 0,5 \%$ ), 1,3 мм ( $\delta_{1,2} = 0,7 \%$ ), и 2,2 мм ( $\delta_{1,2} = 0,9 \%$ ), а в холодный период года – на 3,5 мм ( $\delta_{1,2} = 1,2 \%$ ), 4,8 мм ( $\delta_{1,2} = 2,6 \%$ ), и 5,4 мм ( $\delta_{1,2} = 2,6 \%$ ) соответственно. Нарушение однородности в рядах измеренных осадков и исправленных с использованием коэффициентов  $K_1, K_3$  в большей степени отражается на оценках среднееголетних величин сумм осадков в холодное полугодие.

В таблице приведены оценки линейных трендов годовых сумм осадков на станциях Азовского моря, а также сумм осадков за теплое и холодное полугодия для всего периода исследования. На рис. 3 показана многолетняя изменчивость и линейные тренды рядов годовых сумм  $Q_{ИЗМ}$  и  $Q_{ИСПР}$ , а также сумм осадков за теплое и холодное полугодия для станции Геническ.

Таблица. Угловые коэффициенты линейных трендов измеренных и исправленных осадков,  $A$  [мм/год] для станций наблюдения Керчь, Геническ и Ростов-наДону.

Период	$Q_{ИЗМ}$	$Q_{К_1, К_3}$	$Q_{ИСПР}$
<i>Керчь</i>			
Апрель – Сентябрь	<b>0,9</b>	0,8	0,8
Октябрь – Март	-0,1	-0,4	-0,5
Год	0,8	0,3	0,3
<i>Геническ</i>			
Апрель – Сентябрь	0,3	0,2	0,2
Октябрь – Март	<b>0,9</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>
Год	<b>1,2</b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>
<i>Ростов-на-Дону</i>			
Апрель – Сентябрь	0,5	0,2	0,3
Октябрь – Март	<b>1,1</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>
Год	<b>1,6</b>	<b>0,9</b>	<b>1,1</b>

Примечание. Жирным шрифтом отмечены оценки значимые на  $\geq 90$  % уровне.

Сравнение оценок годовых линейных трендов  $Q_{ИЗМ}$  и  $Q_{ИСПР}$ , а также трендов за теплое и холодное полугодия для станций Ростов-на-Дону (1895 – 2008 гг.), Геническ (1911 – 2005 гг.), Керчь (1936 – 2005 гг.) показало, что угловые коэффициенты трендов рядов  $Q_{ИЗМ}$  больше, чем коэффициенты трендов рядов эталонного архива  $Q_{ИСПР}$ . Для всех станций абсолютная погрешность в оценках угловых коэффициентов трендов больше для холодного полугодия, и составляет 0,3 – 0,4 мм/год. В теплое полугодие различия в оценках угловых коэффициентов равны 0,1 – 0,2 мм/год, а для годовых трендов в среднем для всех станций 0,4 – 0,6 мм/год. Таким образом, абсолютная величина тренда годовых сумм  $Q_{ИЗМ}$  для станции Ростов-на-Дону за 1895 – 2008 гг. составила 175 мм, а величина  $Q_{ИСПР}$  – 129 мм. Для станции Геническ величина тренда годовых сумм  $Q_{ИЗМ}$  за период 1911 – 2005 гг. равняется 117 мм, а тренд  $Q_{ИСПР}$  составляет 70 мм. Для станции Керчь за 1936 – 2005 гг. величины линейных трендов составили 58 мм и 19 мм для  $Q_{ИЗМ}$  и  $Q_{ИСПР}$  соответственно.

Величины угловых коэффициентов линейных трендов рядов годовых сумм  $Q_{К_1, К_3}$  меньше оценок, полученных по откорректированным данным для станции Ростов-на-Дону. Разница составляет 0,2 мм/год.



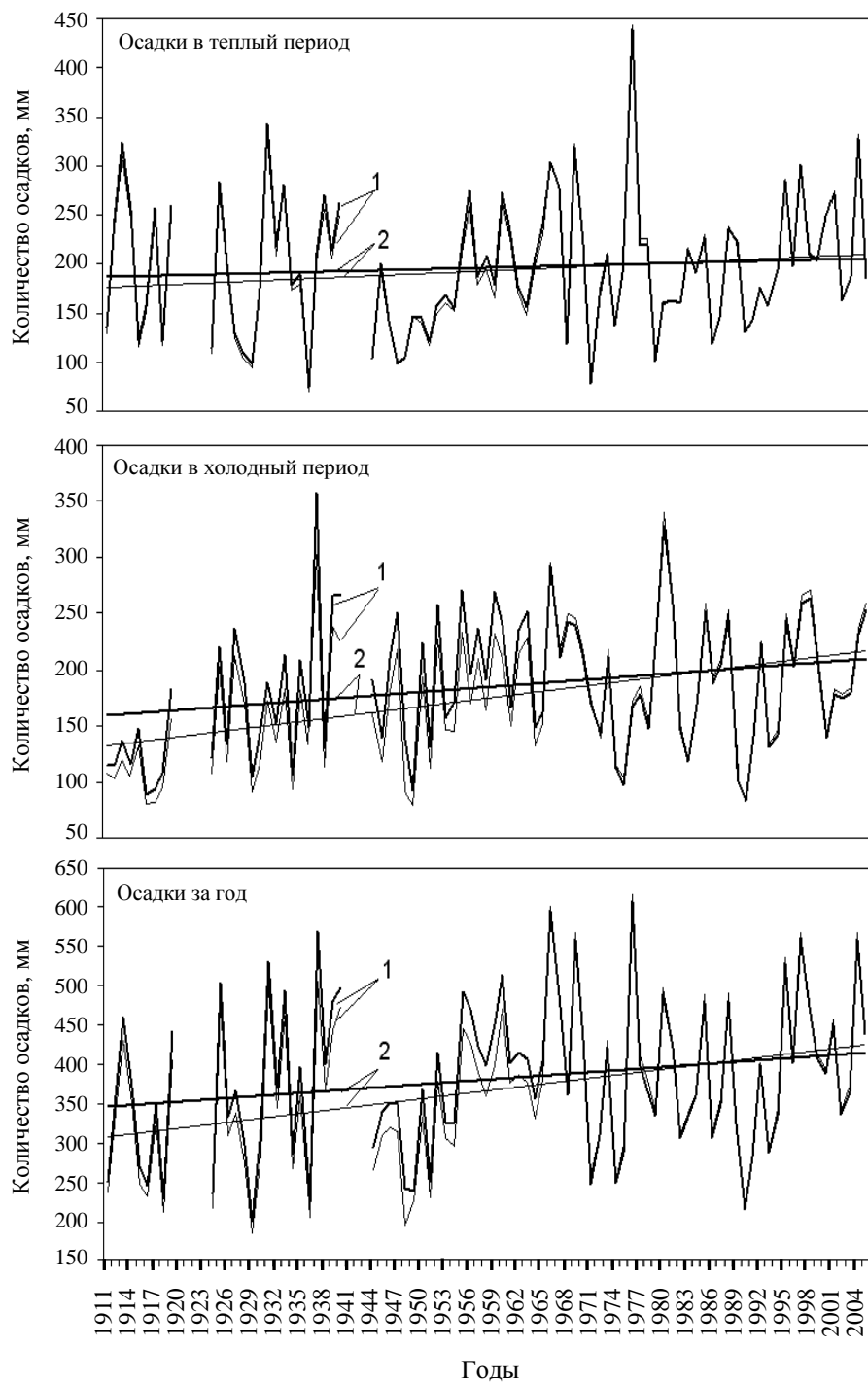


Рис. 3. Многолетняя изменчивость измеренных (—), исправленных по методике Гройсмана (—) сумм осадков (линии 1); линейные тренды рядов (линии 2) для Геническа.

В холодное полугодие для станций Ростов-на-Дону и Керчь оценки трендов  $Q_{K_1, K_3}$  меньше трендов  $Q_{ИСПР}$ . Их разница составляет 0,1 мм/год.

В теплое полугодие для Ростова-на-Дону угловые коэффициенты  $Q_{K_1, K_3}$  меньше  $Q_{ИСПР}$  на 0,1 мм/год.

Таким образом, влияние нарушения однородности рядов  $Q_{K_1, K_3}$  на оценки трендов осадков выявлено в основном для станции Ростов-на-Дону. Это связано с тем, что завышение коэффициента  $K_3$  по сравнению с поправками на смачивание, реально вводимыми на метеостанциях, для этой станции наибольшее. За период 1978 – 2005 (08) гг. угловые коэффициенты линейных трендов рядов  $Q_{ИЗМ}$ ,  $Q_{K_1, K_3}$  и  $Q_{ИСПР}$  по своим значениям близки.

**Заключение.** На основе данных об измеренных ( $Q_{ИЗМ}$ ), откорректированных по методике, рекомендованной Справочником по климату СССР ( $Q_{K_1, K_3}$ ), и исправленных по методике П.Я. Гройсмана ( $Q_{ИСПР}$ ) суммах осадков проведено исследование влияния нарушения однородности рядов на оценки их временной изменчивости, норм и годового цикла для различных периодов инструментальных наблюдений на прибрежных станциях Азовского моря.

До 1966 г.  $Q_{ИЗМ}$  меньше  $Q_{ИСПР}$ . Причем их разность составляет 7,0 – 7,1 % до 1936 г., а в период с 1936 г. и до начала 1950 г. она равна 7,3 – 8,6 %. С начала 1959-х и до 1966 г.  $Q_{ИЗМ}$  меньше  $Q_{ИСПР}$  на 4,3 – 8,0 %. С 1967 г.  $Q_{ИЗМ}$  превышают  $Q_{ИСПР}$  в среднем на 1,7 – 1,9 %, а после перехода на двухсрочные наблюдения превышение составляет 0,4 %.

Годовые суммы осадков  $Q_{K_1, K_3}$  за весь период инструментальных наблюдений превышают суммы осадков эталонного архива  $Q_{ИСПР}$ . Превышение составляет 2,7 – 4,3 % до 1936 г., 1,3 – 2,5 % с 1936 г. по 1965 г. С 1967 г. превышение находится в пределах 1,7 – 1,9 % для четырехсрочных наблюдений и равно 0,4 % для двухсрочных.

Угловые коэффициенты трендов рядов  $Q_{ИЗМ}$ , рассчитанные для всего выбранного в исследовании периода большие, чем коэффициенты трендов рядов эталонного архива. Таким образом, при анализе откорректированных по методике П.Я. Гройсмана рядов выявлено уменьшение величин положительных трендов осадков и соответственно увеличение отрицательных. Для годовых трендов абсолютная разница составляет 0,5 мм/год.

Влияние нарушения однородности рядов  $Q_{K_1, K_3}$  на оценки трендов осадков найдено для станции Ростов-на-Дону. Величины угловых коэффициентов линейных трендов рядов  $Q_{K_1, K_3}$  меньше оценок полученных по данным архива  $Q_{ИСПР}$  на 0,2 мм/год. За период 1978 – 2005(08) гг. угловые коэффициенты линейных трендов рядов  $Q_{ИЗМ}$ ,  $Q_{K_1, K_3}$  и  $Q_{ИСПР}$  по своим значениям близки.

Годовые циклы измеренных и исправленных по двум рассматриваемым методикам осадков хорошо согласуются между собой для обоих выбранных периодов. Для всего периода исследования среднемноголетние величины  $Q_{ИЗМ}$  во все месяцы года меньше  $Q_{ИСПР}$ . В теплый период года на 0,4 – 1,8 %, а в холодное полугодие на 1,1 – 5,4 %. Средние месячные величины  $Q_{K_1, K_3}$  за весь рассматриваемый период больше месячных сумм, рассчитанных по эталонному архиву  $Q_{ИСПР}$ . Превышение в теплый период года составляет от 0,8 % до 2,1 %, а в холодный – от 2,1 % до 3,0%. Начиная с 1978 г. среднемноголетние величины  $Q_{ИЗМ}$ ,  $Q_{K_1, K_3}$  превышают откорректированные суммы на 0,5 – 0,9 % в теплое и на 1,0 – 2,6 % в холодное полугодие.

Таким образом, ряды  $Q_{ИЗМ}$ ,  $Q_{K_1, K_3}$  достаточно достоверно описывают годовой цикл осадков за весь период инструментальных наблюдений и за современный период. Однако они дают заметную погрешность в определении норм осадков в эти периоды. Ошибка максимальна для холодного полугодия ( $\leq 5,4$  %). В оценках трендов за весь период исследования наибольшая ошибка выявлена при анализе рядов  $Q_{ИЗМ}$  ( $\leq 0,5$  мм/год). Следует отметить, что в период (1978 – 2005(08) гг.) погрешность определения трендов по рядам  $Q_{ИЗМ}$ ,  $Q_{K_1, K_3}$  незначительная и эти ряды могут быть использованы для оценок климатических тенденций в современный период.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Groisman, P.Y., Rankova E.Y. Precipitation trends over the Russian permafrost-free zone: removing the artifacts of pre-processing // International Journal of Climatology. – 2001. – 21. – P. 657-678.
2. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 3, ч. 1. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 301 с.
3. Швер Ц.А. Исследование результатов наблюдений по дождемеру и осадкомеру. – Л.: Гидрометеоиздат, 1965. – 470 с.
4. Справочник по климату СССР, часть IV, вып. 1-34. – Л.: Гидрометеоиздат, 1965. – 1970.
5. Богданова Э.Г., Мещерская А.В. Оценка потерь на смачивание на однородность рядов годовых сумм осадков // Метеорология и гидрология. – 1998. – № 11. – С. 88-99.
6. WMO. Instruments and Observing Methods, Report No. 67. WMO Solid Precipitation Measurement Intercomparison. Final Report. WMO/TD-No. 872, 1998, – 300 p.
7. Yang D., Goodison B.E. et. al. Accuracy of Tretyakov precipitation gauge: Results of WMO intercomparison // Hydrological Processes. – 1995. – v. 9. – P. 877-895.
8. 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.
9. Groisman P.Y., Koknaeva V.V., Belokrylova T.A., Karl T.R. Overcoming biases of precipitation measurement: A history of the USSR experience // Bulletin of American Meteorological Society. – 1991. – v.72, № 11. – P. 1725-1733.

10. *Сайт* «NOAA Satellite and Information Service». [Электронный ресурс]. <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/ghcn/daily> (Проверено 20.10.2010).
11. *Сайт* «NOAA Satellite and Information Service». [Электронный ресурс]. <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/ghcn/v2> (Проверено 20.10.2010).
12. *Сайт* «МЕТЕО.RU» Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации — Мировой центр данных». [Электронный ресурс]. <http://www.meteo.ru> (Проверено 15.10.2010).
13. *Букатов А.Е., Бабий М.В., Моисеева Е.А.* Климатическая изменчивость температуры воздуха, количества осадков и режима облачности в районе Азовского моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика». – 2009. – вып. 18. – С. 168-179.
14. *Брукс М.И., Краузерс Н.* Применение статистических методов в метеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1963. – 415 с.

Материал поступил в редакцию 22.10.2010 г.