

В.П.Евстигнеев<sup>1,2</sup>, Е.С.Ерёмина<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Севастопольский центр по гидрометеорологии  
и мониторингу окружающей среды, г.Севастополь

<sup>2</sup>Севастопольский государственный университет, г.Севастополь

<sup>3</sup>Морской гидрофизический институт РАН, г.Севастополь

### РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ, ВЫПАДАЮЩИХ НА ПОВЕРХНОСТЬ ЗАЛИВА СИВАШ

Приводятся режимные оценки сумм осадков в районе залива Сиваш, рассчитанные на основе откорректированных данных четырех береговых метеостанций. Получены значения месячных, сезонных и годовых сумм осадков в период с 1966 по 2010 гг. Показано, что значительные отклонения количества откорректированных осадков от измеренных отмечены для месяцев зимнего сезона и марта, в отдельные месяцы это отклонение может достигать 50 – 60 мм на всех станциях. Рассмотрены повторяемости различных градаций суточного количества по данным за период 1966 – 2010 гг. Выполненный анализ режима показал, что количество атмосферных осадков имеет выраженный сезонный ход и максимально в теплое полугодие в период с мая по август, достигая в среднем объемов 0,14 – 0,18 км<sup>3</sup>/мес. Минимальные суммы осадков приходятся на холодный период года с минимумами в апреле (0,1 км<sup>3</sup>/мес) и октябре (0,09 км<sup>3</sup>/мес). Рассчитаны линейные тренды годовых и сезонных объемов осадков для всех сезонов, кроме зимнего, выявлен положительный тренд, варьирующий в пределах 0,0016 – 0,01 км<sup>3</sup>/10 лет.

Полученные данные об осадках могут быть использованы для водно-балансовых расчетов залива Сиваш.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *атмосферные осадки, водный баланс, залив Сиваш, Азовское море*

doi: 10.22449/2413-5577-2019-2-19-29

**Введение.** Одним из важнейших последствий современных климатических тенденций является изменение структуры гидрологического цикла, водности рек, уровня озер и морей [1 – 3]. Такие процессы происходят вследствие увеличения влагоемкости атмосферы, связанного с повышением глобальной температуры воздуха [4] и, как следствие, с увеличением частоты обильных осадков, что уже отмечается в последних десятилетиях [5, 6]. Все это влечет за собой изменение структуры водного баланса отдельных водоемов. Однако при исследовании климатообусловленных вариаций и трендов в составляющих водного баланса источником неопределенности статистических оценок служат погрешности самой методикой их расчета.

Одной из таких характеристик являются осадки, поступающие на поверхность водного объекта, которые рассчитываются, как правило, по показаниям осадкомера Третьякова на близлежащих метеорологических станциях. Измеренное количество осадков имеет систематическую погрешность, связанную с ветровым недоучетом, испарением, смачиванием внутренней

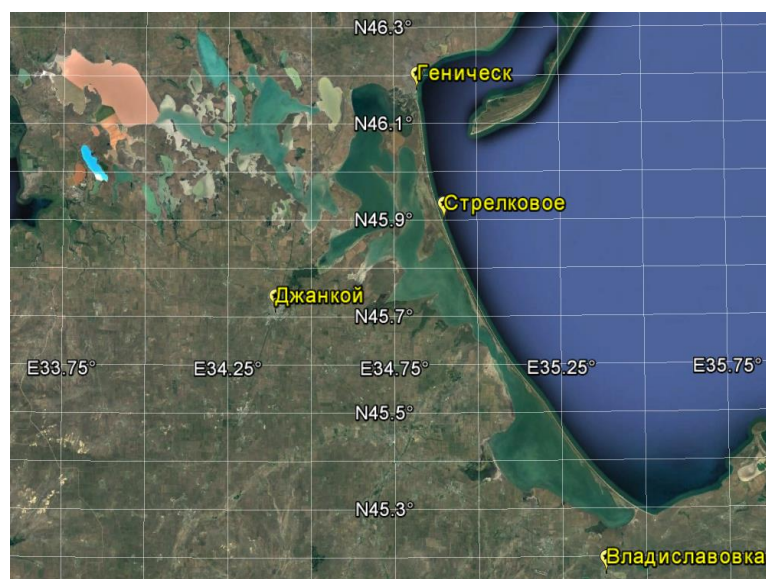
© В.П.Евстигнеев, Е.С.Ерёмина, 2019

поверхности осадкомера и прочими причинами. По данным предыдущих исследований для Северного Каспия [7] и Азовского моря [8] величина отклонения измеренных осадков от действительных значений в среднем составляет 15 – 16 %, в отдельные годы отклонение может достигать 60 % от годовой суммы.

Цель данной работы – провести корректировку измеренных осадков, выпадающих на поверхность залива Сиваш, как основной приходной составляющей его водного баланса.

Залив Сиваш расположен в северо-западной части Азовского моря, отделенный от него песчаным баром Арабатской стрелки и связанный небольшим Геническим проливом. Приходные составляющие водного баланса залива Сиваш включают в себя атмосферные осадки, речной сток, приток азовских вод через Генический пролив, до 2014 г. – дренажные воды Северо-Крымского канала. В работах, посвященных водному балансу залива Сиваш [9, 10], атмосферные осадки рассчитывались по данным наблюдений гидрометеорологических пунктов и были определены как наибольший приходный компонент пресноводного баланса залива, хотя при этом не были учтены систематические ошибки их измерения.

**Материалы и методы исследования.** Расчет сумм осадков осуществлялся на основе данных четырех метеостанций: «Джанкой», «Владиславовка», «Геническ», «Стрелковое» (рис.1). Количество атмосферных осадков, измеренных осадкомером Третьякова, как правило, меньше, чем количество действительных осадков, вследствие значительных систематических ошибок, меняющихся в зависимости от метеорологических условий [11, 12]. Известно, что при измерении осадков дождемером с защитой Нифера и осадкомером Третьякова систематические ошибки связаны с ветровым недоучетом, испарением из осадкомерного ведра и смачивания его дна и стенок. Кроме того, необходимо учитывать величину «ложных осадков», попадающих в осадкомер



Р и с . 1 . Схема расположения метеостанций в районе залива Сиваш.

во время низовой и общей метели. Существуют два способа корректировки величин атмосферных осадков – ГГИ-ГГО [11] и ГГО-КазНИГМИ [13], – в разработке которых участвовали Государственный гидрологический институт (ГГИ), Главная геофизическая обсерватория (ГГО), Казахстанский научно-исследовательский гидрометеорологический институт (КазНИГМИ). В настоящей работе использована методика корректировки осадков ГГО-КазНИГМИ [12].

Согласно методике, определение действительного количества атмосферных осадков выполняется по формуле

$$P_{ис} = K \cdot (P_{из} + \Delta P - \Delta P_{мет}),$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий влияние аэродинамических факторов на результат измерения осадков;  $P_{из}$  – результат измерения осадков по измерительному стакану (если измеренное количество осадков отмечено как следы, то величина  $P_{из} = 0$ );  $\Delta P$  – поправка, компенсирующая эффект воздействия процессов испарения, конденсации и смачивания внутренней поверхности осадкомера, в том числе при  $P_{из} = 0$ ;  $\Delta P_{мет}$  – поправка, учитывающая количество «ложных осадков», попавших в осадкомер во время общей и низовой метели.

В среде статистического программирования *R Software* [14] был реализован алгоритм внесения поправок в исходные, первичные материалы наблюдений за осадками в зависимости от метеорологических условий. На основании программного кода был произведен расчет действительных сумм осадков на 4-х станциях Присивашья и проведено сравнение полученных величин с данными наблюдений. Сравнение проводилось по среднесезонным суммам осадков за сезон и за год, рассчитанным за период 1966 – 2010 гг. для станций «Геничск» и «Стрелковое» и за период 1966 – 2017 гг. для станций «Владиславовка» и «Джанкой».

Между исходными и действительными величинами осадков, просуммированных по месяцам, сезонам и за год, рассчитывались абсолютные отклонения, а также среднее квадратическое и относительное отклонения по формулам:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - P_{изi})^2 / n - 1} \quad \varepsilon = \frac{|\bar{P} - \bar{P}_{из}|}{\bar{P}_{из}} \cdot 100\%,$$

где  $n$  – число месяцев (сезонов, лет), использованных в расчете;  $\bar{P}$  – среднесезонная сумма осадков за месяц (сезон, год).

Также в работе при оценке тенденций изменения режима поступления атмосферных осадков в залив были рассчитаны линейные тренды непараметрическим методом робастного линейного сглаживания с использованием оценочной функции Тейла-Сена [15]. Значимость трендов устанавливалась на основе теста Манна-Кендалла на уровне 10 %. Применение оценочной функции Тейла-Сена обусловлено возможным наличием «выбросов» в выборке сумм осадков, несимметричностью и гетероскедастичностью их распределения.

**Корректировка измеренных осадков.** Используя методику корректировки осадков ГГО-КазНИИ, авторами работы были произведены расчеты

действительных сумм осадков на станциях Присивашья и проведено сравнение полученных величин с данными наблюдений (рис.2). Сравнение проводилось по среднемноголетним суммам осадков за месяц, сезон и год, рассчитанным с 1966 г.

Начиная с этого года, измерение осадков на метеостанциях стало выполняться 4 раза в сутки (на постах 2 раза в сутки) строго в заданные сроки независимо от состояния погоды. Следует учесть, что в разные годы в первичные материалы наблюдений вводились группы поправок в порядке, не соответствующем логике процессов осадконакопления. В частности, в методиках 60-х и 70-х гг. предполагалось умножение коэффициента ветрового недоучета на величину измеренных осадков плюс поправка на смачивание, поправка же на испарение прибавлялась к этому произведению. В результате ряды атмосферных осадков являются неоднородными, а информация о введенных поправках в исторических массивах данных не хранилась [12]. Для получения действительных сумм осадков в настоящей работе из исходных срочных данных предварительно исключались поправки, введенные на метеорологических станциях. На следующем этапе вводились поправки согласно методике ГГО-КазНИИ.

Значительные отклонения количества действительных осадков от измеренных отмечены для месяцев зимнего сезона и марта. В отдельные месяцы это отклонение может достигать 50 – 60 мм на всех станциях, кроме станции «Джанкой», где максимальные различия в месячных суммах составляет величину не более 40 мм. Наибольшие различия между измеренными и действительными значениями получены по данным станции «Геническ». В среднем величина недоучета для указанных месяцев составляет от 6 мм (ст. «Джанкой») до 12 мм (ст. «Геническ»), при этом среднеквадратическое отклонение  $\sigma$  выше и составляет от 8 мм (ст. «Джанкой») до 17 мм (ст. «Геническ»). Основной вклад в поправку к измеренным осадкам в холодный период оказывает ветровой недоучет. Сильные ветра, в особенности на побережье Азовского моря, приводят к увеличению аэродинамического поправочного коэффициента. Так, на той же станции «Геническ» среднемноголетняя скорость ветра составляет 4,1 м/с (по данным за период 1966 – 2010 гг.), в то время как по станции «Джанкой» – всего 2,3 м/с. Стоит, правда, отметить, что динамика временного ряда скоростей ветра на станции «Геническ» не отражает естественно-климатическую изменчивость ветровых условий, а, скорее всего, связана с присутствующей в рядах сложно устранимой климатологической неоднородностью. В частности, в период 1980 – 2000 гг. на станции в Геническе был отмечен рост скорости ветра, в то время как для большинства станций региона тренд скоростей был отрицательным (как, впрочем, и за последние 50 лет). Вероятно, это связано с постепенным изменением степени защищенности метеоплощадки, что подтверждается данными об условиях производства наблюдений и отражено в техническом деле станции. Однако именно такие скорости ветра определяли фактические условия осадконакопления на станции «Геническ», к ряду измеренных осадков которой были введены наибольшие поправки.

В теплый период года максимальный недоучет в месячных суммах действительных осадков не превышал 20 мм, в летний период и того меньше –

10 – 12 мм. Средний недоучет действительных сумм осадков за месяцы с апреля по ноябрь составляет величину от 3 мм в Стрелковом до 5 мм в Геническе. Среднеквадратический недоучет  $\sigma$  для этих месяцев варьирует от 4 до 6 мм для тех же станций.

В годовых величинах недоучет действительных осадков варьирует в среднем от 54 мм на станции «Джанкой» до 84 мм в Геническе, среднеквадратическое отклонение годовых сумм находится практически в тех же пределах. В отдельные годы суммы действительных осадков могут отличаться на 100 – 180 мм.

Оценка влияния недоучета может быть дана по величине завышения действительных сумм осадков по отношению к существующей норме. Относительный вклад величины недоучета, рассчитанный по среднемуголетним суммам действительных и измеренных осадков за месяц и за год, иллюстрирует рис.2.

Для всех метеорологических станций наибольшая величина относительного недоучета приходится на холодный период года. Для января – марта, вследствие использования только измеренных осадков, ошибка оценки их действительного количества составит от 20 (ст. «Джанкой») до 43 % (ст. «Геническ») от нормы измеренных осадков (рис.2, а), за теплый период (с мая по октябрь) величина недоучета не превышает 15 %.

В годовых величинах недоучет среднемуголетних годовых сумм осадков по данным четырех метеорологических станций колеблется в пределах 14 – 19 % (рис.2, б).

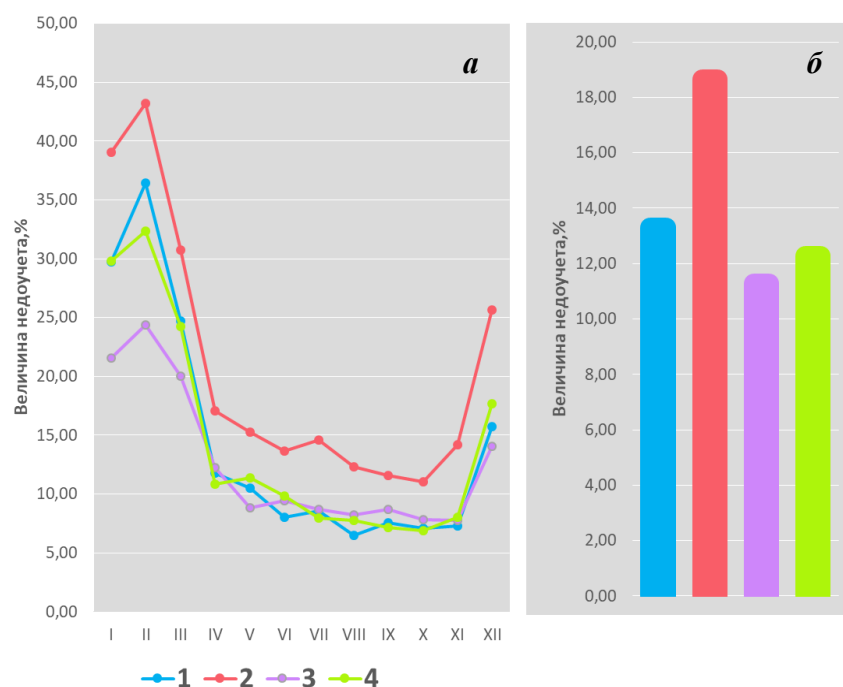


Рис. 2. Недоучет месячных (а) и годовых (б) сумм осадков для береговых станций залива Сиваш: 1 – Владиславовка; 2 – Геническ; 3 – Джанкой; 4 – Стрелковое.

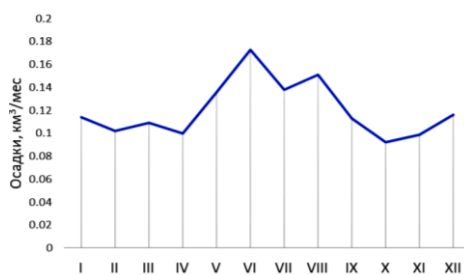
Безусловно, установленные различия в измеренных и откорректированных суммах осадков на станциях влияет на оценку суммарного их количества, поступающего на поверхность залива Сиваш. Если в качестве такой оценки принять среднее арифметическое значение по данным четырех метеорологических станций, то величина ошибки в годовых суммах составит 14 % от среднегодовой нормы осадков. Приняв площадь залива  $\sim 2540 \text{ км}^2$ , в объемных единицах недоучет составит  $0,15 \text{ км}^3$ .

**Режим действительных осадков над заливом Сиваш.** Осредненная по 4-м станциям величина атмосферных осадков может быть использована для оценки их слоя над заливом Сиваш. Рассмотрим повторяемость различных градаций суточного количества по данным за период 1966 – 2010 гг. (табл.1). Наибольшую повторяемость ( $\sim 94 \%$ ) имеет градация незначительных осадков  $0,0 - 9,9 \text{ мм}$ . В холодное полугодие эта градация имеет наиболее высокую повторяемость в период с ноября по март (более  $96 \%$ ), в летние месяцы (июнь – август) повторяемость уменьшается и приобретает значения менее  $90 \%$ . В осенне-зимние месяцы суточные суммы редко превышают величину  $40 \text{ мм}$  и более. Зато в теплое полугодие (май – сентябрь) доля таких событий достигает  $\sim 0,5 \%$  или  $0,2 \%$  в среднем от всех случаев осадков за год.

Наибольшая повторяемость такой градации (более  $40 \text{ мм}$ ) приходится на август (более  $1 \%$ ). В этом же месяце, а также в редких случаях в мае, были зарегистрированы более экстремальные осадки с суточной суммой, превосходящей  $90 \text{ мм}$ ; отдельные случаи таких осадков наблюдаются в мае (табл.1).

Приняв среднеарифметическое значение действительного количества осадков по четырем метеорологическим станциям за оценку слоя осадков над Сивашом, выполним анализ режима поступления в залив пресной воды с атмосферными осадками за период 1966 – 2010 гг.

На рис.3 представлен график внутригодового хода месячных объемов осадков. Объем поступающей в залив воды с осадками имеет выраженный сезонный ход и максимален в теплое полугодие в период с мая по август, достигая в среднем объемов  $0,14 - 0,18 \text{ км}^3/\text{мес}$ . Минимальные суммы осадков приходятся на холодный период года с минимумами в апреле ( $0,1 \text{ км}^3/\text{мес}$ ) и октябре ( $0,09 \text{ км}^3/\text{мес}$ ). Такое внутригодовое распределение осадков ближе к континентальному типу умеренных широт, хотя для отдельных станций Присивашья (ст. «Геничеськ» и ст. «Стрелковое»), используемых в расчете, годовой ход имеет признаки морского типа. Для таких станций осадки в течение года распределены более равномерно с отдельными максимумами в зимний период.



Р и с . 3 . Внутригодовой ход количества осадков, выпавших на поверхность залива Сиваш.

Среднегодовое значение годового объема осадков на поверхность залива составил  $1,45 \text{ км}^3/\text{мес}$ . За расчетный период 1966 – 2010 гг. минимальное годовое их количество было отмечено в 1971 г. и 1974 г. Наиболее дождливыми годами оказались 1997 г. и 2010 г. Интересно отметить, что по данным всех метеорологических стан-

Т а б л и ц а 1. Повторяемость (%) различных градаций суточного количества осадков (мм) над заливом Сиваш по данным метеорологических станций за период 1966 – 2010 гг.

градации	месяцы												год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
0 – 9	96,46	96,78	96,39	95,78	92,83	89,45	87,33	84,01	91,57	94,9	96,46	96,37	93,96
10 – 19	3,23	2,6	2,94	3,66	5,32	7,8	9,39	10,1	5,67	4,18	3,07	2,97	4,61
20 – 29	0,24	0,45	0,57	0,33	1,16	1,83	1,64	3,7	1,6	0,7	0,47	0,58	0,94
30 – 39	0,08	0,09	0,09	0,22	0,46	0,69	1,19	1,18	0,29	0,12		0,08	0,3
40 – 49						0,23	0,3	0,17	0,58	0,12			0,09
50 – 59					0,12		0,15	0,34	0,15				0,04
60 – 69								0,17	0,15				0,02
70 – 79		0,09											0,01
80 – 89													
90 – 99					0,12			0,17					0,02
≥ 100								0,17					0,01

ций Крыма (23 станции) в эти годы также было зарегистрировано наибольшее число опасных явлений (ОЯ) очень сильных осадков – 35 и 30 случаев соответственно. Критерием ОЯ является 30 мм выпавших осадков за 12 часов и менее в селеопасных районах, для остальных районов – 50 мм. В теплый период года наибольшее количество осадков обычно выпадает при смещении малоподвижных холодных фронтов с волновыми возмущениями. В холодный период положительные аномалии количества осадков наблюдаются при выходе южных циклонов.

По исправленным данным измерения осадков можно дать оценку изменения режима поступления вод над заливом Сиваш. Согласно известной позиции [16], индикатором изменения регионального климата может служить разность между климатическими нормами, характеризующими климатические условия начального и конечного периодов. Однако реальным это изменение может быть признано только тогда, когда его величина будет превосходить вероятную ошибку вычисления соответствующих норм.

В нашей работе период лет (1966 – 2010 гг.) оказался недостаточным для расчета двух смежных климатических 30-летних норм. Вместо этого было проведено сравнение среднееголетних величин годовых суммы осадков за 22-летние периоды (1966 – 1988 и 1989 – 2010 гг.). Результаты расчетов приведены в табл.2, согласно которой сумма годового объема осадков, а также объемов по всем сезонам, кроме зимнего, имела небольшое приращение за последние 45 лет. Однако разность между среднееголетними величинами смежных 22-летних периодов оказалась незначимой, по крайней мере, с позиций стандартного  $t$ -теста ( $\alpha = 10\%$ ).

Выявленная тенденция подтверждается расчетом линейных трендов годовых и сезонных объемов осадков за период 1966 – 2010 гг. (табл.2), величина которых оценивалась робастным непараметрическим методом Тейла-Сена [15]. Для всех сезонов, кроме зимнего, выявлен положительный тренд осадков, варьирующий в пределах 0,0016 – 0,01 км<sup>3</sup>/10 лет. Для зимнего сезона выявлен отрицательный тренд осадков. Для общего годового объема поступающих в залив атмосферных осадков тренд также оказался положительным и составил 0,016 км<sup>3</sup>/10 лет. Важно отметить, что величины полученных угловых коэффициентов (в том числе и для зимы) оказались незначимыми даже на уровне  $\alpha = 10\%$ .

Т а б л и ц а 2. Характеристики изменения объема поступающей в залив Сиваш воды с атмосферными осадками за период 1966 – 2010 гг.

период года	количество осадков, км <sup>3</sup> /год			линейный тренд (км <sup>3</sup> /10 лет) за весь период
	1966 – 1988 гг.	1989 – 2010 гг.	разность	
зима	0,348	0,34	– 0,008	– 0,0091
весна	0,332	0,346	0,014	0,01
лето	0,454	0,468	0,014	0,0016
осень	0,283	0,347	0,064	0,0048
годовой объем	1,42	1,50	0,08	0,016



Величины трендов в табл.2 отличаются от представленных в литературе для залива Сиваш за примерно тот же период лет ( $0,042 \text{ км}^3/10$  лет по данным [9]). Основной причиной различий, на наш взгляд, является недоучет действительных величин осадков из-за систематических ошибок при измерениях вследствие действия ветра, испарения из осадкомерного ведра и смачивания его дна и стенок. Так, на графике годового хода сумм осадков над заливом в [9] видно, что минимальные суммы отмечаются в зимний сезон, когда максимален недоучет осадков, прежде всего, связанный с сильными ветрами в регионе. По нашим данным минимум приходится, скорее, на октябрь – ноябрь. Кроме того, авторы [9] использовали в качестве исходного массив данных осадков *GPCP*, представляющий собой интерполяцию данных наблюдений на метеостанциях на сетку  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ . Известно, что процедуры интерполяции искажают статистическое распределение метеовеличины [17], а пространственное разрешение глобального массива часто оказывается недостаточным для воспроизведения мезомасштабных особенностей атмосферных полей в регионах со сложной орографией. Следствием этого является не всегда высокая степень достоверности значений воспроизводимого метеорологического элемента, такого как, например, атмосферные осадки. Эти рассуждения вполне применимы к региону залива Сиваш.

Наши результаты также не лишены недостатков, поскольку для оценки объемов воды, поступающих на поверхность залива с атмосферными осадками, нами использовалось арифметическое усреднение действительного их количества по данным четырех метеорологических станций Присивашья. В дальнейшем требуется подтвердить такую схему расчета, например, по аналогии с [8], где для этого были привлечены данные радиометра *SEVIRI*.

**Заключение.** В работе выполнена корректировка измеренных на метеорологических станциях Присивашья сумм атмосферных осадков для учета влияния на результаты измерений аэродинамического фактора, испарения из осадкомерного ведра и смачивания его дна и стенок. В среднем годовой недоучет количества осадков составил от 14 до 19 % от среднееголетней нормы осадков. На сезонном масштабе наибольшие величины отклонения действительных сумм от измеренных характерны для месяцев зимнего сезона (до 40 % недоучета в месячных суммах на станции «Геническ»). В объемных единицах величина недоучета над всем заливом Сиваш составляет величину  $0,15 \text{ км}^3/\text{год}$ , при условии расчета слоя осадков как среднее арифметическое по четырем метеорологическим станциям Присивашья.

По новым данным о действительных суммах осадков дана оценка режима поступления вод над заливом Сиваш и его изменение. Среднееголетнее значение годового объема осадков на поверхность залива составил  $1,45 \text{ км}^3/\text{мес}$ . Месячные суммы в среднем составляют величины от  $0,09$  до  $0,18 \text{ км}^3/\text{мес}$ . За период 1966 – 2010 гг. годами с максимальным годовым объемом атмосферных осадков оказались 1997 г. и 2010 г. За этот многолетний период отмечается незначительное и незначимое увеличение количества осадков на поверхность залива Сиваш. Величина линейного тренда годовых объемов составила  $0,016 \text{ км}^3/10$  лет.

Работа выполнена в рамках госзадания по теме №0827-2019-0004 «Комплексные междисциплинарные исследования океанологических про-

цессов, определяющих функционирование и эволюцию экосистем прибрежных зон Черного и Азовского морей», а также при поддержке проекта РФФИ № 19-05-00803.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Ed. by Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P.M.*– Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press, 2013.– 1535 p.
2. *Евстигнеев В.М., Кислов А.В., Сидорова М.В.* Влияние климатических изменений на годовой сток рек Восточно-Европейской равнины в XXI в. // Вестник Московского университета. Серия 5: География.– 2010.– № 2.– С.3-10.
3. *Nohara D., Kitoh A., Hosaka M., Oki T.* Impact of climate change on river discharge projected by multimodel ensemble // *J. Hydromet.*– 2006.– 7.– P.1076-1089.
4. *Мохов И.И.* Гидрологические аномалии и тенденции изменения в бассейне реки Амур в условиях глобального потепления // Докл. АН.– 2014.– т.455, № 5.– С.585-588.
5. *Van den Besselaar E.J.M., Klein Tank A.M.G., Buishand T.A.* Trends in European precipitation extremes over 1951-2010 // *Int. J. Climatol.*– 2013.– v.33.– P.2682-2689.
6. *Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме / Под ред. А.В.Фролова.*– М.: Росгидромет, 2014.– 60 с.
7. *Остроумова Л.П.* Определение действительных величин атмосферных осадков по наблюдениям на метеорологических станциях, используемых в водном балансе Северного Каспия // Труды ГОИН.– 2015.– вып.215.– С.257-276.
8. *Евстигнеев В.П., Мишин Д.В., Остроумова Л.П.* Расчет количества выпадающих на поверхность Азовского моря осадков как составляющей его водного баланса // Метеорология и гидрология.– 2018.– № 8.– С.39-52.
9. *Дьяков Н.Н., Белогудов А.А., Тимошенко Т.Ю.* Оценка составляющих водного баланса залива // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– 2013.– вып.27.– С.439-445.
10. *Совга Е.Е., Ерёмкина Е.С., Хмара Т.В.* Водный баланс залива Сиваш в условиях изменчивости природно-климатических и антропогенных факторов // Морской гидрофизический журнал.– 2018.– т.34, № 1.– С.72-82.
11. *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.
12. *Браславский А.П., Чистяева С.П.* Определение исправленных величин атмосферных осадков по методике ГГО-КазНИИ // Труды КазНИИ.– 1980.– вып.65.– С.3-93.
13. *Браславский А.П., Струзер Л.Р., Шергина К.Б.* Методика определения исправленных величин атмосферных осадков при срочных наблюдениях // Труды ГГО.– 1975.– вып.341.– С.32-50.
14. *R Core Team.* R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2013. [Электронный ресурс].– URL: <http://www.R-project.org/> (дата обращения 15.04.2019).

15. *Sen P.K.* Estimates of regression coefficient based on Kendall's tau // *J. Amer. Stat. Assoc.*– 1968.– v.63.– P.1379-1389.
16. *Груза Г.В., Ранькова Э.Я.* Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха.– Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2012.– 194 с.
17. *Haylock M.R., Hofstra N., Klein Tank A.M.G., Klok E.J., Jones P.D., New M.* A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950 – 2006 // *J. Geophys. Res.*– 2008.– v.113.– D20119.

Материал поступил в редакцию 25.04.2019 г.

V.P.Evstigneev, E.S.Eremina

#### CALCULATION OF PRECIPITATION OVER THE SIVASH BAY

The precipitation sums over the Sivash Bay area were estimated using corrected data from four coastal meteorological stations. Monthly, seasonal and annual precipitation values were calculated from 1966 to 2010. Significant deviations of the actual precipitation amount from the measured one has been shown for winter months and March, in some cases deviation can reach 50 – 60 mm. Frequency of gradations of daily sums were calculated at 1966 – 2010. Analysis revealed that precipitation has a pronounced seasonal variations and maximum in the warm half year from May to August with an average volume of 0,14 – 0,18 km<sup>3</sup>/month. The minimum precipitation falls on cold period of the year with minimal values in April (0,1 km<sup>3</sup>/month) and October (0,09 km<sup>3</sup>/month). Annual and seasonal precipitation linear trends were estimated for all seasons except winter. As a result, a positive precipitation trend was found, varying between 0,0016 and 0,01 km<sup>3</sup>/10 years. The obtained precipitation sums can be used for water-balance calculations of the Sivash Bay.

KEYWORDS: precipitation, water balance, the Sivash Bay, the Sea of Azov