



## ГЕОГРАФИЯ

УДК 551.583:551.573(470.44)

### ИЗМЕНЧИВОСТЬ МАКСИМАЛЬНО ВОЗМОЖНОГО И СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Г. Ф. Иванова, Н. Г. Левицкая<sup>1</sup>

Саратовский государственный университет  
E-mail: kafmeteo@sgu.ru  
<sup>1</sup>ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока», Саратов  
E-mail: raiser\_saratov@mail.ru

В статье приводится оценка динамики годовых сумм осадков, максимально возможного и суммарного испарения в различных почвенно-климатических зонах Саратовской области в условиях глобального потепления климата. Показано, что в период с 1981 по 2014 г. отмечается статистически значимый рост величины максимально возможного испарения, что приводит к увеличению дефицита испарения. В результате наблюдаемых тенденций климатические нормы гидромелиораций в области увеличились на 200–300 м<sup>3</sup>/га.

**Ключевые слова:** Саратовская область, осадки, испарение, испаряемость, коэффициент вариации, коэффициент линейного тренда, климатические нормы гидромелиораций.

#### Changeability of Maximally Possible and Total Evaporation on Territory of Saratov Area in the Conditions of Changing Climate

G. F. Ivanova, N. G. Levitskaya

To the article the estimation of dynamic of annual precipitation is driven, maximally possible and total evaporation in the different soil-climatic zones of the Saratov area in the conditions of the global warming of climate. It is shown that in a period from 1981 to 2014 year noted a statistically significant increase in the maximum possible evaporation, which leads to an increase of deficit of evaporation. As a result of the observed tendencies the climate norms of gidromelioration in the area were increased on 200–300 м<sup>3</sup> / hectare.

**Key words:** Saratov area, precipitation, maximally possible and total evaporation, coefficient of variation, coefficient of linear trend, climatic norms of hydromelioration.

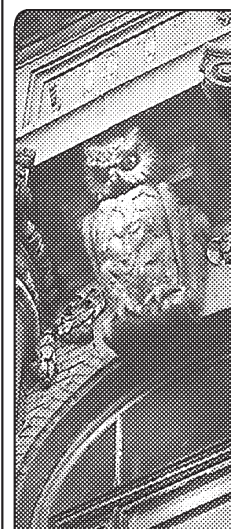
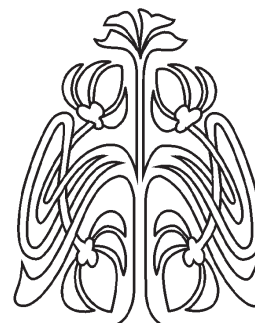
DOI: 10.18500/1819-7663-2015-15-3-5-8

Саратовская область – один из наиболее крупных районов богарного земледелия, однако недостаток влаги по сравнению с ресурсами тепла сильно сдерживает развитие сельскохозяйственного производства. Поэтому детальные исследования условий естественной влагообеспеченности и потребности во влаге этой территории, несомненно, актуальны. Они необходимы для выявления дефицита влаги, правильного размещения оросительных систем, обоснования норм водопотребления и разработки режимов орошения.

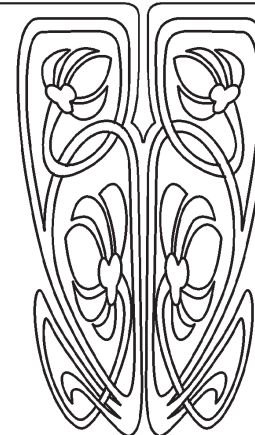
В условиях современного потепления климата оценка динамики водных ресурсов территории приобрела особый практический интерес.

Цель настоящих исследований состоит в том, чтобы оценить влияние роста теплоэнергетических ресурсов территории, связанного с глобальным потеплением, на величину и динамику суммарного и максимально возможного испарения, по разности которых рассчитывают климатические нормы гидромелиораций.

Исходными данными для исследований послужили материалы гидрометеорологических наблюдений по всем метеостанциям области



НАУЧНЫЙ  
ОТДЕЛ





за 1981–2014 гг., которые характеризуются как период наиболее интенсивного потепления климата, и режимная информация из Научно-прикладного справочника по климату СССР, где обобщены данные наблюдений за 1912–1980 гг.

Расчеты годовых значений суммарного испарения были выполнены гидролого-климатическим методом, предложенным В. С. Мезенцевым и широко используемым при расчетах испарения суши в мелиоративных целях [1, 2]. Уравнение для расчета суммарного испарения ( $E$ , мм) имеет вид

$$E = E_{\max} [1 + (kx / E_{\max})^{-n}]^{-1/n}, \quad (1)$$

где  $E_{\max}$  – максимально возможное испарение (водный эквивалент теплоресурсов испарения), мм;  $kx$  – общее увлажнение (на практике осадки, исправленные на недоучет прибором), мм;  $n$  – параметр, учитывающий гидравлические условия стока в разных ландшафтно-климатических условиях: для равнинного рельефа средних широт  $n = 3$ , а в горных районах  $n = 2$ .

Для определения максимально возможного испарения в работе использовалась формула, предложенная И. В. Карнацевичем, по которой годовая испаряемость рассчитывается в зависимости от годовой суммы среднемесячных положительных температур воздуха:

$$E_{\max} = 5.88\Sigma t + 260, \quad (2)$$

где  $\Sigma t$  – сумма среднемесячных положительных температур воздуха за год.

Внутригодовой ход максимально возможного испарения автор [1, 2] предложил принимать в первом приближении таким же, как ход дефицита влажности воздуха ( $d$ ). Расчет месячных значений максимально возможного испарения ( $E_{\max i}$ ) проводился по следующей формуле:

$$E_{\max i} = E_{\max} d_i / \Sigma d_i, \quad (3)$$

где  $E_{\max}$  – максимально возможное испарение за год, мм;  $d_i$  – среднемесячное значение дефицита влажности воздуха, мм;  $\Sigma d_i$  – годовая сумма среднемесячных значений дефицита влажности воздуха, мм.

Расчет месячных значений испарения ( $E_i$ ) по известной годовой сумме ( $E$ ), рассчитанной по формуле В. С. Мезенцева, проводился с помощью метода отношений [3].

Общее увлажнение территории Саратовской области характеризуется уменьшением годового количества осадков от 500 мм в северо-западных до 310 мм в крайних юго-восточных районах. В летний период (май–август) меньше всего увлажнены полупустынные районы Левобережья, где сумма осадков не превышает 110–115 мм. Внутригодовые колебания общего увлажнения характеризуются наличием максимума в июле и минимума в зимние месяцы [4].

В многолетнем разрезе суммы общего увлажнения, как годовые, так и за летний период, колеблются в очень значительных пределах (табл. 1).

Таблица 1

Экстремальные значения годовых и летних сумм осадков в период с 1981 по 2014 г.

Метеостанция	Год		Май–август	
	Максимум	Минимум	Максимум	Минимум
Карабулак	784 (1989)	325 (1984)	310 (2004)	27 (2010)
Балашов	762 (2001)	344 (1984)	325 (1989)	45 (2010)
Саратов	648 (2000)	293 (1984)	243 (2000)	44 (1998)
Пугачев	622 (1990)	305 (2014)	246 (2003)	32 (2010)
Ершов	542 (1990)	265 (2014)	230 (1989)	19 (1998)
Новоузенск	492 (2013)	230 (2014)	230 (2003)	22 (2010)

Анализ представленных экстремумов осадков указывает на большую разницу их значений в летний период, когда суммы осадков во влажные годы в 5–10 раз выше, чем в засушливые. Превышение годовых сумм осадков в экстремальные по увлажнению годы составляет 2–2,5 раза.

Годовые величины максимально возможного испарения возрастают с севера на юг от 780 до 920 мм. Коэффициенты вариации годовых сумм максимально возможного испарения на всей территории области весьма малы и составляют 0.04–0.05, что обусловлено малыми многолетними колебаниями теплоэнергетических ресурсов территории.

Величина коэффициентов вариации летних величин максимально возможного испарения (за май–август) несколько выше, чем их значения за год, и составляют около 0.08.

Распределение годовых значений суммарного испарения имеет несколько иной характер. Минимальные величины суммарного испарения, несмотря на значительные теплоэнергетические ресурсы, наблюдаются в юго-восточной полупустынной части территории и составляют около 300 мм/год. Максимальные значения суммарного испарения отмечаются в лесостепной зоне и составляют около 470 мм/год (табл. 2). Изменчивость годовых и летних значений суммарного испарения также весьма мала.



Таблица 2

Значения годовых сумм максимально возможного ( $E_{\max}$ ), суммарного ( $E$ ) и дефицита испарения ( $\Delta E$ ) по метеостанциям Саратовской области за 1912–1980 гг. и 1981–2014 гг.

Метеостанция	1912–1980 гг.			1981–2014 гг.		
	$E_{\max}$ , мм	$E$ , мм	$\Delta E$ , мм	$E_{\max}$ , мм	$E$ , мм	$\Delta E$ , мм
Хвалынский	798	466	332	883	483	400
Карабулак	783	469	314	813	475	338
Петровск	787	431	356	822	448	374
Ртищево	801	468	333	836	500	336
Ростоши	813	447	345	844	456	388
Аткарск	816	455	361	841	464	377
Октябрьский Городок	813	409	404	839	422	417
Саратов ЮВ	858	431	427	896	452	444
Балашов	832	453	379	860	450	410
Калининск	828	429	399	850	440	410
Сплавнуха	832	424	408	860	450	408
Среднее по Правобережью	815	444	371	848	459	389
Пугачев	857	371	486	891	399	492
Перелюб	839	359	480	874	419	455
Маркс	874	342	502	908	399	509
Ершов	864	353	511	888	385	503
Озинки	866	321	545	894	324	570
Красный Кут	875	342	533	904	354	550
Новоузенск	898	303	595	930	335	595
Ал. Гай	917	308	609	946	317	629
Среднее по Левобережью	874	341	533	904	356	548

Чтобы оценить динамику годовых значений суммарного и максимально возможного испарения в условиях наблюдаемого потепления климата, их величины были рассчитаны по той же методике за период с 1981 по 2014 г.

Сравнительный анализ полученных результатов свидетельствует о том, что величина годовой испаряемости в последний 30-летний период за счет роста теплоэнергетических ресурсов территории выросла в среднем на 30–35 мм. Общее увлажнение территории за счет роста годовой суммы атмосферных осадков увеличилось в Правобережье на 15–20 мм, а в Левобережье на 25–30 мм. Величина суммарного испарения за год увеличилась в лесостепных и черноземностепных районах Правобережья в среднем на 15 мм, а в сухостепных и полупустынных районах Левобережья на 25 мм.

Для оценки степени устойчивости наблюдаемых тенденций в изменении годовых сумм осадков, суммарного и максимально возможного испарения были рассчитаны коэффициенты линейного тренда этих значений за 1981–2014 гг. и определена их значимость на 95%-ном уровне достоверности. В качестве примера на рис. 1 представлена иллюстрация полученных резуль-

татов по станции Саратов ЮВ. Согласно рассчитанным коэффициентам тренда статистически значимый рост в этот период отмечается лишь у значений максимально возможного испарения ( $b_1 = 23,2$  мм/10 лет). Годовые значения суммарного испарения увеличиваются со скоростью всего 1,9 мм/10 лет, что статистически незначимо. Практически не меняются по тренду и годовые суммы осадков.

Детальный анализ динамики годовых сумм осадков, суммарного и максимально возможного испарения показал, что во все годы максимум теплоэнергетических ресурсов испарения совпадает с минимумом ресурсов влаги. Годовая испаряемость, как правило, бывает больше количества годовых осадков. Однако в последний 30-летний период встречаются случаи, когда годовая сумма осадков превышает величину максимально возможного испарения. В правобережных районах области повторяемость таких лет составила 20–30%, что говорит о существенном изменении водного режима почв на данной территории. Согласно проведенной оценке в отдельные годы он становится периодически промывным.

Внутригодовое распределение испаряемости характеризуется одним максимумом в июле, когда



месячные суммы составляют от 19 до 22% годовых значений. Зимой эти значения невелики и не превышают 1–2%, в то время как на май–август приходится в среднем около 70–75% годовых теплоэнергетических ресурсов. Аналогичные особенности можно наблюдать и во внутригодовом распределении величин суммарного испарения

с максимумом в июне и минимумом в зимние месяцы (рис. 2).

Расчет климатических норм гидромелиораций, проведенный на основе данных «Научно-прикладного справочника по климату СССР» (1988 г.), показал, что в правобережных районах области они изменялись от 3100 до 4000 м<sup>3</sup>/га, а

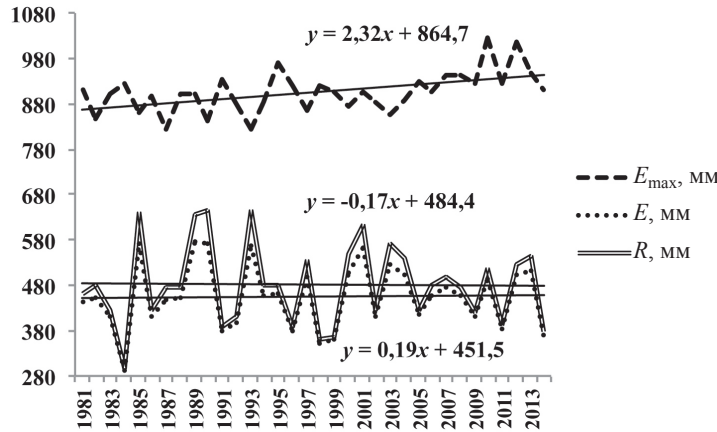


Рис. 1. Динамика годовых сумм осадков ( $R$ , мм), суммарного испарения ( $E$ , мм) и максимально возможного испарения ( $E_{\max}$ , мм), станция Саратов ЮВ

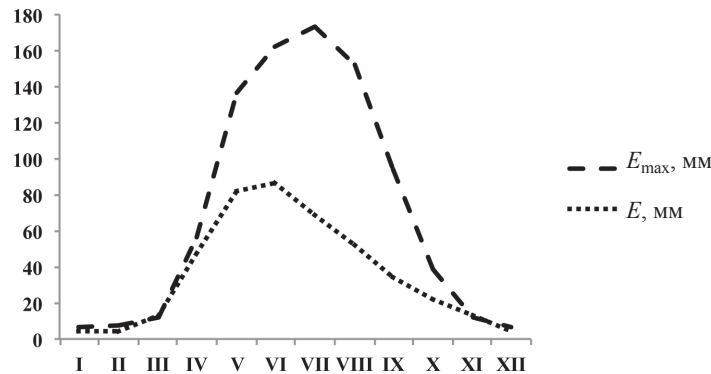


Рис. 2. Годовой ход суммарного ( $E$ ) и максимально возможного ( $E_{\max}$ ) испарения на станции Саратов ЮВ

в левобережных – от 4800 до 6000 м<sup>3</sup>/га. В период с 1981 по 2014 г. средние многолетние нормы мелиораций увеличились на 200–300 м<sup>3</sup>/га и стали составлять в Правобережье 3400–4200 м<sup>3</sup>/га, а в Левобережье 4600–6300 м<sup>3</sup>/га.

Таким образом, в условиях меняющегося климата Саратовской области отмечается рост как максимально возможного, так и суммарного испарения, что приводит к увеличению климатических норм гидромелиораций. Кроме того, существенно возрастает разница норм орошения в сухие и влажные годы. Выявленные тенденции изменения водного режима территории необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации оросительных систем и водохранилищ.

#### Библиографический список

1. Мезенцев В. С. Метод гидролого-климатических расчетов и опыт его применения для районирования Западно-Сибирской равнины по признакам увлажнения и теплообеспеченности // Тр. ОмСХИ. 1957. Т. XXVII. 121 с.
2. Режимы влагообеспеченности и условия гидромелиораций степного края / под ред. В. С. Мезенцева. М.: Колос, 1974. 240 с.
3. Рекомендации по расчету испарения с поверхности суши. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 94 с.
4. Иванова Г. Ф., Левицкая Н. Г. Многолетняя изменчивость осадков по станциям Саратовской области // Ежемесячный науч. журн. Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия. 2014. № 3, ч. 7, Географические науки. С. 40–43.