

### *Заключение*

По результатам расчетов можно констатировать о наметившейся тенденции изменения в режиме потенциальной мощности рек на территории Беларуси, вызванной современными природными и антропогенными факторами, в том числе потеплением климата. Процессы трансформации гидроэнергетического потенциала рек разнятся как по пространственному распределению, так и по скорости изменения самих процессов, которые будут усиливаться в связи с прогнозируемым изменением климата. Таким образом, освоение гидроэнергетического потенциала рек поможет уменьшить зависимость энергетики Беларуси от дорогостоящего импорта топлива, что будет способствовать улучшению экологической обстановки и повышению производительности в народном хозяйстве страны.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении Государственной программы строительства в 2011–2015 годах гидроэлектростанций в Республике Беларусь: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 17 декабря 2010 года № 1838.
2. Водноэнергетический кадастр Белорусской ССР // М.Г. Мурашко, П.Д. Гатило, П.А.Великевич, Э.А. Войтеховская. – Мн.:Изд-во АН БССР, 1962. – Том II – 220 с.
3. Клопов, С.В. Методика учета гидроэнергетических ресурсов малых рек // Изв. АН СССР, ОТН, №3, 1949.
4. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации : Техническое резюме [Электронный ресурс] / Федерал. служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). – Москва, 2008. – Режим доступа: [http://climate2008.igce.ru/v2008/pdf/resume\\_teh.pdf](http://climate2008.igce.ru/v2008/pdf/resume_teh.pdf). - Дата доступа: 25.10.2011.

УДК 556.13 (476)

**Волчек А.А., Зубрицкая Т.Е.**

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

### **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Results of analysis of total evaporation obtained by meteorological stations of Belarusian Polesye are discussed in the article. Changing of evaporation caused by global warming was evaluated by the authors.

### *Введение*

Суммарное испарение является интегральным показателем изменения состояния экосистем. Происходящие климатические изменения и антропогенные воздействия могут быть оценены непосредственно через суммарное испарение. Кроме того, данные об испарении необходимы при решении ряда водохозяйственных, сельскохозяйственных, экологических и других проблем.

В настоящей работе предпринята попытка оценить происходящие изменения суммарного испарения на территории Белорусского Полесья в условиях современного потепления.

*Исходные материалы и методика исследования*

Наблюдения за испарением с поверхности почвы и растений на Белорусском Полесье ведутся на специализированных агрометеорологических станциях – Василевичи и Полесская. В теплый период испарение с поверхности почвы и растительного покрова определяется методом почвенных испарителей. Используются испарители с площадью испаряющей поверхности 500 см<sup>2</sup> и высотой почвенного монолита 50 см – ГГИ – 500-50 (ГР-25). В работе использованы материалы наблюдений за суммарным испарением с травяного покрова по метеостанциям Василевичи – с 1959 по 2011 гг. и Полесская с 1980 по 2011 гг.

Для оценки влияния современного изменения климата на суммарное испарение использовались статистические критерии:

а) критерий Стьюдента для оценки изменения средних величин

$$t = \frac{\bar{E}_1 - \bar{E}_2}{\sqrt{n_{E_1} \cdot \hat{\sigma}_{E_1}^2 + n_{E_2} \cdot \hat{\sigma}_{E_2}^2}} \cdot \sqrt{\frac{n_{E_1} \cdot n_{E_2} \cdot (n_{E_1} + n_{E_2} - 2)}{n_{E_1} + n_{E_2}}},$$

где  $\bar{E}_1$ ,  $\bar{E}_2$  – выборочные средние значения величин суммарного испарения за различные периоды осреднения, мм;  $\hat{\sigma}_{E_1}^2$  и  $\hat{\sigma}_{E_2}^2$  – выборочные дисперсии;  $n_{E_1}$  и  $n_{E_2}$  – объемы выборок.

Полученное значение  $t$  критерия Стьюдента сравнивалось с его критическим значением при заданном уровне значимости  $\alpha=5\%$ . Если  $t > t_{кр}$ , принимается гипотеза статистического различия двух выборочных средних;

б) критерий Фишера для оценки изменения дисперсий

$$F = \hat{\sigma}_{E_1}^2 / \hat{\sigma}_{E_2}^2,$$

где  $\hat{\sigma}_{E_1}^2$  и  $\hat{\sigma}_{E_2}^2$  – выборочные дисперсии: в числителе берется большая из дисперсий.

Гипотеза статистического различия выборочных дисперсий принималась, если  $F > F_{кр}$ , где  $F_{кр}$  – критическое значение критерия Фишера.

*Полученные результаты и их обсуждение.* Для оценки влияния современного потепления расчетный период был разбит два интервала с начала наблюдений до 1987 г. и с 1988 по 2011 гг., для которых получены основные статистические параметры рядов наблюдений за суммарным испарением (средние величины, максимальные и минимальные значения, коэффициент вариации и коэффициент асимметрии, а также обеспеченные значения суммарного испарения) за отдельные месяцы теплого периода и в целом за период с мая по октябрь. При нахождении обеспеченных величин использовались два типа распределения: трехпараметрическое гамма-распределение и распределение Пирсона III типа, ряды наблюдений могут описываться обоими видами распределений, однако предпочтение следует отдавать распределению Пирсона III типа. Результаты расчетов приведены в таблице.

Таблица 1 Значение величин суммарного испарения по метеостанциям Белорусского Полесья

Интервал осредне- ния	Средняя величина, мм	Минимальное зна- чение, мм/год	Максимальное зна- чение мм/год	Коэффициент ва- риации	Коэффициент асим- метрии	Число лет наблюде- ний	Обеспеченные величины, мм						
							5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Метеостанция Василевичи</i>													
<b>Май</b> 1959-2011	77	25 1965	125 1973	0,27	0,24	46	111	104	91	77	63	50	43
1959-1987	72	25 1965	125 1973	0,31	0,32	25	116	108	93	77	61	46	38
1988-2011	84	62 1993	120 1996	0,21	0,91	21	103	98	88	77	66	56	51
<b>Июнь</b> 1959-2011	88	42 2011	192 1961	0,35	1,01	50	121	112	95	77	59	42	33
1959-1987	102	54 1984	192 1961	0,32	0,79	29	117	109	93	77	61	45	37
1988-2011	73	42 2011	121 1997	0,27	0,40	21	111	104	91	77	63	50	43
<b>Июль</b> 1959-2011	85	33 1963	168 1961	0,28	0,8	50	112	105	92	77	62	49	42
1959-1987	88	33 1963	168 1961	0,33	0,77	29	119	109	94	77	60	45	35
1988-2011	82	49 2002	114 1988	0,22	-0,04	21	105	99	89	77	65	55	49
<b>Август</b> 1959-2011	63	21 1983	110 1966	0,28	0,07	50	112	105	92	77	62	49	42
1959-1987	59	21 1983	110 1966	0,32	0,63	29	117	109	93	77	61	45	37
1988-2011	68	25 1992	97 2007	0,24	-0,64	21	107	101	89	77	65	53	47
<b>Сентябрь</b> 1959-2011	36	11 2005	72 1965	0,34	0,4	50	120	111	95	77	59	43	34
1959-1987	37	14 1972	72 1965	0,35	0,46	29	121	112	95	77	59	42	33
1988-2011	34	11 2005	60 2006	0,33	0,11	21	119	109	94	77	60	45	35
<b>Октябрь</b> 1959-2011	22	10 2005	36 1991	0,24	0,55	43	107	101	89	77	65	53	47
1959-1987	21	13 1975	29 1965	0,21	-0,09	27	103	98	88	77	66	56	51

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1988-2011	22	<u>10</u> 2005	<u>36</u> 1991	0,28	0,76	16	112	105	92	77	62	49	42
<b>(V-X)</b> 1959-2011	371	<u>261</u> 1963	<u>640</u> 1961	0,17	1,55	53	99	94	85	77	69	60	55
1959-1987	379	<u>261</u> 1963	<u>640</u> 1961	0,20	1,54	29	102	97	87	77	67	57	52
1988-2011	362	<u>280</u> 2002	<u>423</u> 2007	0,12	-0,42	24	92	89	83	77	71	65	62
<i>Метеостанция Полесская</i>													
<b>Май</b> 1980-2011	97	<u>42</u> 1990	<u>144</u> 1983	0,25	0,24	32	109	102	90	77	64	52	45
1980-1987	100	<u>68</u> 1987	<u>144</u> 1983	0,26	0,7	8	110	102	90	77	64	52	44
1988-2011	89	<u>42</u> 1990	<u>144</u> 1996	0,27	0,11	24	111	104	91	77	63	50	43
<b>Июнь</b> 1980-2011	89	<u>31</u> 2003	<u>162</u> 1995	0,3	0,52	32	115	106	92	77	62	48	39
1980-1987	89	<u>67</u> 1985	<u>113</u> 1987	0,17	-0,26	8	99	94	85	77	69	60	55
1988-2011	82	<u>31</u> 2003	<u>162</u> 1995	0,36	0,67	24	122	112	95	77	59	42	32
<b>Июль</b> 1980-2011	85	<u>25</u> 1999	<u>132</u> 1983	0,29	-0,25	31	114	105	92	77	62	49	40
1980-1987	82	<u>54</u> 1986	<u>132</u> 1983	0,32	0,9	7	117	109	93	77	61	45	37
1988-2011	88	<u>25</u> 1999	<u>132</u> 1998	0,28	-0,63	24	112	105	92	77	62	49	42
<b>Август</b> 1980-2011	65	<u>32</u> 1994	<u>109</u> 1993	0,35	-0,04	32	121	112	95	77	59	42	33
1980-1987	65	<u>46</u> 1985	<u>89</u> 1982	0,21	0,27	8	103	98	88	77	66	56	51
1988-2011	69	<u>32</u> 1994	<u>109</u> 1993	0,37	-0,15	24	124	113	96	77	58	41	30
<b>Сентябрь</b> 1980-2011	40	<u>20</u> 2002	<u>105</u> 2006	0,48	1,79	32	138	124	102	77	52	30	16
1980-1987	38	<u>26</u> 1984	<u>60</u> 1980	0,3	1,04	8	115	106	92	77	62	48	39
1988-2011	42	<u>20</u> 2002	<u>105</u> 2006	0,51	1,66	24	142	127	103	77	51	27	12
<b>Октябрь</b> 1980-2011	28	<u>15</u> 2005	<u>58</u> 2008	0,36	1,18	31	122	112	95	77	59	42	32
1980-1987	26	<u>20</u> 1982	<u>37</u> 1984	0,22	0,71	8	105	99	89	77	65	55	49
1988-2011	31	<u>15</u> 2005	<u>58</u> 2008	0,36	0,96	23	122	112	95	77	59	42	32
<b>(V-IX)</b> 1980-2011	401	<u>277</u> 2003	<u>546</u> 2004	0,15	0,17	32	96	92	85	77	69	62	58

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1980-1987	400	$\frac{321}{1985}$	$\frac{498}{1983}$	0,13	0,61	8	93	90	84	77	70	64	61
1988-2011	401	$\frac{277}{2003}$	$\frac{546}{2004}$	0,16	0,12	24	97	92	85	77	69	62	57

*Примечание. Выделены статистически различимые величины.*

По метеостанции Василевичи статистически значимые различия в средних величинах суммарного испарения наблюдаются в мае, июне и августе, а по метеостанции Полесская – сентябре и октябре. Комплексный анализ климатических параметров, влияющих на величину суммарного испарения, показал, что вектора этих воздействий не остаются постоянными внутри сезона, а имеют тенденцию изменять свое направление, что в ряде случаев приводит к компенсации их воздействий. Так, отмечаемое повсеместно повышение температуры воздуха, которое должно приводить к росту суммарного испарения, уравновешивается снижением средней скорости ветра, что приводит к уменьшению суммарного испарения, и в итоге значимых изменений в величинах суммарного испарения не наблюдается. Можно говорить лишь о некоторых тенденция в его колебаниях.

*Заключение.* Таким образом, можно говорить о некоторой тенденции изменения режима суммарного испарения на территории Белорусского Полесья, вызванные природными и антропогенными факторами.

Полученные предварительные результаты требуют дальнейших всесторонних исследований, ввиду сложности и актуальности поставленной задачи оценки суммарного испарения.

УДК 551.492

Волчек А.А., Махнест Л.П., Рубанов В.С., Гладкий И.И.  
УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

## СХОДИМОСТЬ МОМЕНТОВ СТОХАСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ РЕЧНОГО СТОКА

This research work deals with the model of several years' fluctuation of the river flow, which was received by applying the stochastic differential equation of Ornstein-Uhlenbeck. The process under consideration is the homogeneous in terms of time Markow process of diffusion type with corresponding coefficient of drift and diffusion. It gives the opportunity to evaluate the mathematical expectation and the moments of frequency distribution of the river flow. In comparison with the use of numerical integration of the differential equations system our research work studies the convergence of obtainable solution presented in power series.

Рассмотрим марковский процесс для описания колебаний речного стока, используемый в стохастической гидрологии.

Пусть  $\bar{V}$  – среднегодовой расход воды, а  $V_t$  – расход воды в момент времени  $t$ . Тогда, полагая  $X_t = (V_t - \bar{V})/\bar{V}$ , процесс многолетних колебаний стока можно описать с помощью стационарного решения стохастического дифференциального уравнения (СДУ) Орнштейна-Уленбека с непрерывным временем [1]:

$$dX_t = -kX_t dt + \sigma dW_t, \quad (1)$$