

А.А. Волчек, Т.Е. Зубрицкая

**ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ
БЕЛАРУСИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

A.A. Volchek, T.E. Zubrytskaya

**ASSESSMENT OF CHANGES IN EVAPOTRANSPIRATION ON THE
TERRITORY OF BELARUS IN MODERN CONDITIONS**

В работе предпринята попытка оценить происходящие изменения режима суммарного испарения на территории Беларуси, используя материалы многолетних наблюдений по почвенным испарителям за суммарным испарением на агрометеостанциях Василевичи и Шарковщина под воздействием климатических факторов. В ходе исследований анализировались тренды временных изменений суммарного испарения, выборочные средние, использовались критерии Стьюдента и Фишера.

Ключевые слова: суммарное испарение, анализ, статистически значимые величины, эпохи атмосферной циркуляции.

The paper attempts to assess the changes of the regime of evapotranspiration on the territory of Belarus, using the materials of perennial observations by soil evaporators for evapotranspiration on agrometeorological stations Vasilevichi and Sharkovshina under the influence of climatic factors. In the course of the research were analyzed trends temporary changes in evapotranspiration, random average, used criteria of Student and Fisher.

Key words: evapotranspiration, analysis, statistically significant magnitude, the era of atmospheric circulation.

Введение

Суммарное испарение являются одним из основных элементов общего круговорота воды в природе и его изучение имеет большой научный и практический интерес. Оно может быть чувствительным индикатором изменений большинства климатических факторов, так как является связующим звеном тепловых и водных ресурсов. Поэтому надежные данные о режиме испарения и его количественных характеристиках необходимы для анализа возможных антропогенных воздействий и климатических изменений на природные экосистемы. Современные колебания климата уже сейчас проявляются в совокупности региональных его изменений за различные временные промежутки и пространственные масштабы. Кроме того, данные об испарении необходимы для решения многих гидрологических, водохозяйственных, сельскохозяйственных и других задач, поэтому его корректная оценка и особенно происходящие изменения являются важным фактором в понимании современных климатических изменений.

Исходные материалы

Исходными данными для исследований послужили материалы наблюдений республиканского гидрометцентра Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь за среднемесячными величинами суммарного испарения по 4 агрометеостанциям за период инструментальных наблюдений: Василевичи — с 1959 по 2011 г., Шарковщина — с 1962 по 2011 г., Волковыск — с 1981 по 2011 г., Полесская с 1980 по 2011 г. Кроме того, использовались среднемесячные величины дефицитов влажности воздуха, атмосферных осадков, температуры приземного воздуха, скорости ветра по этим метеостанциям, а также фондовые материалы различных организаций и учреждений, картографические и опубликованные источники.

Описание агрометеостанций

В настоящее время для определения испарения с поверхности почвы и растительного покрова в теплый период используются стандартные почвенные испарители ГГИ-500-50 (ГР-25) с площадью испаряющей поверхности 500 см² и высотой почвенного монолита 50 см. Суммарное испарение измеряется с естественного разнотравья и на посевах сельскохозяйственных культур, в основном с яровых и озимых зерновых методом почвенных испарителей по изменению веса почвенного монолита с произрастающими в нем растениями за период между отдельными взвешиваниями испарителей, которые производятся через 5 суток — 1, 6, 11, 16, 21 и 26 числа каждого месяца.

Наблюдения за испарением начинают весной, после схода снежного покрова, с момента перехода почвы в хорошо увлажненное состояние и продолжают до промерзания почвы на глубину более 5 см осенью или до образования устойчивого снежного покрова.

Испарение E , мм слоя воды рассчитывалось по формуле:

$$E = \frac{10}{S}(P_1 - P_2) + X - G, \quad (1)$$

где S — площадь испарителя, см²; P_1 и P_2 — масса испарителя соответственно в предыдущий и текущий сроки взвешивания испарителей, г; X — атмосферные осадки, поступившие в испаритель, мм; G — просачивание за промежуток времени между взвешиваниями испарителя, мм.

Количество выпавших атмосферных осадков определяется с помощью почвенного дождемера, установленного рядом с испарителями. Наблюдения за испарением с поверхности почвы и растений проводятся на специализированных агрометеорологических станциях, которые размещены в различных физико-географических и почвенных условиях.

Метеостанция *Василевичи* находится на Полесье, в центральной части Гомельской области, на Приднепровской низменности. Наблюдения за суммарным испарением ведутся с 1959 г. Окружающая местность представляет заболоченную равнину с приподнятыми песчаными гривами. Болотами занято около 30 % территории. Преобладают

дерново-подзолистые супесчаные и песчаные почвы, часто подстилаемые на глубине около 1 м моренными суглинками. Значительные площади занимают торфяно-болотные почвы. Грунтовые воды залегают на глубине 3–5 м. Почвенная испарительная площадка расположена на расстоянии 2 км к юго-востоку от метеоплощадки. Рельеф участка ровный. Почва дерново-подзолистая на связных песках, подстилаемых на глубине около 1 м моренными суглинками. Поверхность участка задернована, посев клевера с тимофеевкой.

Метеостанция *Волковыск* расположена на Волковыской возвышенности преимущественно со сглаженным волнисто-холмистым моренным рельефом. Ведутся наблюдения за суммарным испарением с 1981 г. Местность в радиусе 10 км пересеченная, с идущими в разных направлениях многочисленными оврагами. В 2 км к юго-западу протекает в искусственном русле р. Волковыя, впадающая в р. Россь, расположенную в 3 км к западу от метеоплощадки. Пойма р. Россь заболочена, покрыта луговой растительностью. В 2 км к югу расположено искусственное водохранилище на р. Волковыя. Ближайший хвойный лес находится в 4 км к западу и в 2–3 км к северу, северо-востоку и юго-востоку от метеостанции. Остальная местность занята сельскохозяйственными угодьями. Метеоплощадка находится на возвышенном месте, имеющем слабый уклон к северо-востоку. Высота ее 180 м над уровнем моря. Площадка покрыта редкой луговой растительностью. Почвенный покров характеризуется следующим разрезом: 0–20 см — супесь, 20–40 см — суглинок, 40–100 см — глина. Глубина залегания грунтовых вод 24 м.

Метеостанция *Полеская* оборудована в 1953 г. на неосушенном болоте в 6,5 км к юго-западу от суходола. В 1970 г. метеонаблюдения на естественном болоте прекращены и болотная метеоплощадка перенесена на 3,5 км к юго-востоку от ее прежнего местонахождения на осушенное и освоенное болото (поля опытной станции) в 6,5 км к югу от суходольной площадки. Местность открытая, ровная. Ближайшее строение (служебное помещение) находится в 50 м к западу от метеоплощадки. В 70 м к югу проходит осушительный канал. Ближайший лес расположен в 2–2,5 км к западу, юго-западу и северу. Площадка окружена полями, засеянными кормовыми травами. Подстилающая поверхность метеоплощадки — плотная луговая растительность. Почва торфяная, подстилаемая песками. Мощность торфяников на окружающей территории от 40 до 70 см. Уровень грунтовых вод колеблется по сезонам от 60 до 140 см.

Агрометеостанция *Шарковщина* расположена в западной части Витебской области, наблюдения ведутся с 1962 г. Окружающая местность представляет собой равнину с небольшими возвышенностями. Лесов в окрестностях мало. Преимущественно распространены дерново-подзолистые и дерновые почвы на средних и легких озерно-ледниковых суглинках, сменяющихся на глубине 50–80 см озерно-ледниковыми ленточными глинами. Значительные площади занимают почвы, развивающиеся на мощных глинах и тяжелых суглинках. Выравненность территории и тяжелый механический состав почвообразующих пород способствуют заболачиванию почв. Почвенная испарительная площадка оборудована на участке площадью 1 га, расположенном на территории станции, в 20 м северо-западнее метеоплощадки. Рельеф участка ровный. Почва — дерново-подзолистая среднесуглинистая, подстилаемая на глубине 0,5–0,7 м средними глинами. Грунтовые воды залегают на глубине 6–7 м. Поверхность участка задернована, произрастает клевера с тимофеевкой.

Методы исследования

Методологической основой исследований являются научные положения о стохастической природе изменчивости суммарного испарения, что позволило использовать современные статистические методы анализа временных рядов. Использованы методы водного и теплоэнергетического балансов подстилающей поверхности, математического моделирования. Системный анализ накопленной информации и сравнительно-географический метод использован для выявления закономерности пространственно-временных колебаний суммарного испарения. Для оценки влияния современного изменения климата и эпох атмосферной циркуляции на суммарное испарение использовались статистические критерии [1]:

а) критерий Стьюдента:

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

где \bar{E}_1 и \bar{E}_2 — выборочные средние; $\hat{\sigma}_{E_1}^2$ 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 $t > t_\alpha$, принимается гипотеза статистического различия двух выборочных средних;

б) критерий Фишера:

$$F = \frac{\hat{\sigma}_{E_1}^2}{\hat{\sigma}_{E_2}^2}, \quad (3)$$

где $\hat{\sigma}_{E_1}^2$ и $\hat{\sigma}_{E_2}^2$ — выборочные дисперсии.

Гипотеза статистического различия выборочных дисперсий принималась, если имело место неравенство $F > F_\alpha$, где F_α — критическое значение критерия Фишера.

Оценка тенденций изменений суммарного испарения осуществлялась с помощью линейного тренда:

$$E_i = E_0 \pm \Delta E t_i, \quad (4)$$

где E_i — значение суммарного испарения в i -й период, мм; E_0 — значение суммарного испарения в начальный период, мм; $\pm \Delta E$ — изменение значений суммарного испарения за расчетный интервал, мм/год; t_i — время, год.

В качестве меры оценки изменений временного ряда использовался градиент α , численно равный изменению суммарного испарения за 10 лет ($\alpha = 10\Delta E$).

В зависимости от решаемой задачи исходные временные ряды за суммарным испарением разбивались на периоды:

- для оценки влияния современного изменения климата на 2 периода с 1959 (1962) по 1987 г. и с 1988 (начало интенсивного изменения климата) по 2011 г.;
- для оценки различных эпох атмосферной циркуляции на 3 периода с 1949 по 1970 г. (преобладание меридиональной атмосферной циркуляции), с 1971 по 1995 г. (преобладание восточной атмосферной циркуляции) и с 1996 по 2011 г. (преобладание западной атмосферной циркуляции).

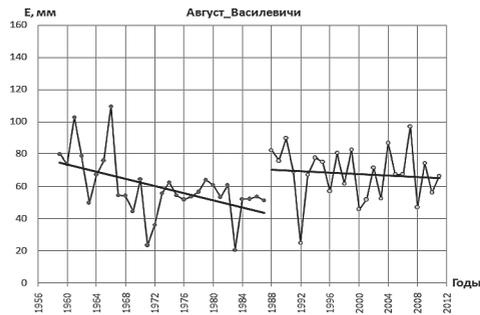
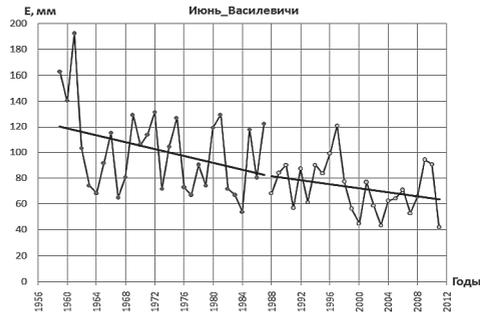
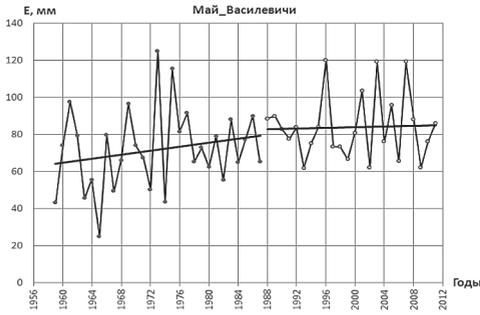
Расчеты проводились для метеостанций Василевичи и Шарковщина, что обусловлено длительностью периода наблюдений, а данные метеостанций Полесская и Волковыск использовались для проверки или уточнения полученных результатов.

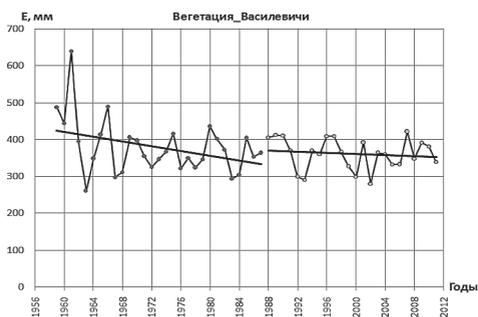
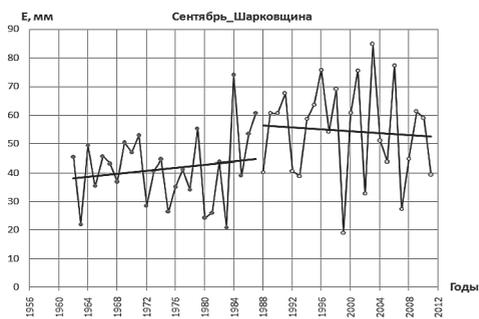
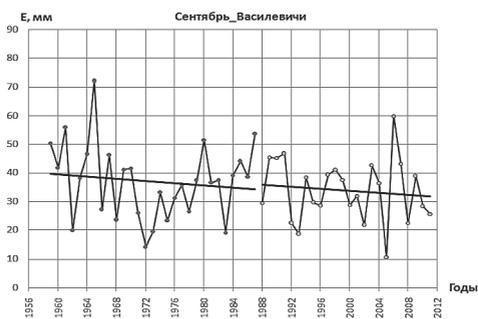
Анализ результатов исследований

Временной ход колебаний суммарного испарения отслеживался с помощью хронологических графиков и разностных интегральных кривых. Анализ месячных величин суммарного испарения по метеостанциям Беларуси свидетельствует о сложной структуре временных рядов, наличии в многолетнем ходе этих значений определенных циклов, статистически значимых линейных трендов и т.д. На рисунке приведен хронологический ход и линейные тренды величин суммарного испарения за период (май–сентябрь) по метеостанциям Василевичи и Шарковщина за периоды до современного потепления (с начала инструментальных наблюдений по 1987 г.) и за время современного потепления (с 1988 по 2011 г.).

Как видно из рисунка тенденция изменения величины суммарного испарения, как правило, убывает, но скорости убывания разнятся как по времени, так и по территории, исключение составляет месяц май, где имеет место тенденция роста суммарного испарения. Частые зимние оттепели внесли изменение во внутрigoдовой ход влажности почвы, кроме того существенное уменьшение скорости ветра на территории Беларуси, несмотря на увеличение температуры воздуха, формируют тенденцию к уменьшению суммарного испарения [3].

В летние месяцы (июнь, июль) имеют место процессы, характерные для всей территории Беларуси, причем в июне наблюдается уменьшение величин суммарного испарения, а июле — малый рост. В целом же на территории Беларуси преобладают процессы, вызывающие уменьшение суммарного испарения. Малые коэффициенты корреляции линейных трендов обусловлены неустойчивостью процессов, формирующих суммарное испарение и разнонаправленностью их векторов (табл. 1). В целом статистически значимые градиенты наблюдаются только для некоторых отдельных месяцев, причем изменений больше по метеостанции Василевичи, в Полесье, где помимо климатических факторов существенное воздействие оказывают антропогенные воздействия в виде крупномасштабных мелиораций. Необходимо отметить, что произошло существенное изменение средней скорости ветра, не только по рассматриваемым метеостанциям, но и по Беларуси в целом [2].





Хронологический ход и тренды суммарного испарения по метеостанциям Василевичи и Шарковщина за период начала наблюдений до 1987 г. (начало современного потепления) и с 1988 по 2011 г. (период современного потепления)

Для оценки влияния рассматриваемых факторов на суммарное испарение выполнен корреляционный анализ. Как известно, суммарное испарение формируется под воздействием многих факторов. Наиболее существенными климатическими факторами являются: температура воздуха, атмосферные осадки и средняя скорость ветра. Поэтому дальнейший анализ по выявлению причин изменения суммарного испарения выполнен с учетом его связи с выделенными факторами. В табл. 2 представлены коэффициенты корреляции суммарного испарения с определяющими его факторами. Как показал анализ, по двум метеостанциям установить влияние ветра на месячные величины суммарного испарения не удалось. По-видимому, воздействие средней скорости ветра компенсируется другими факторами. В мае, по метеостанции Василевичи, имеет место увеличение суммарного испарения, вызванное повышением температуры воздуха, при достаточно влажной почве после весеннего половодья. В июне падение суммарного испарения вызвано уменьшением количества атмосферных осадков и снижением температуры воздуха. По метеостанции Шарковщина влияние на суммарное испарение оказали температура воздуха в августе и атмосферные осадки в мае, июне, августе и за вегетационный период.

Таблица 1

Градиенты α (числитель) и коэффициенты корреляции (знаменатель) линейных трендов суммарного испарения и формирующих его факторов за период современного потепления

Факторы	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Период вегетации
Василевичи						
Суммарное испарение, мм	$\frac{4,8}{0,18}$	$\frac{-20,5}{-0,54}$	$\frac{-0,8}{-0,03}$	$\frac{2,5}{0,1}$	$\frac{-7,9}{-0,46}$	$\frac{-4,1}{-0,36}$
Температура воздуха, °С	$\frac{-0,2}{-0,07}$	$\frac{-0,2}{-0,07}$	$\frac{1,3}{0,48}$	$\frac{0,4}{0,18}$	$\frac{0,6}{0,23}$	$\frac{0,4}{0,44}$
Скорость ветра, м/с	$\frac{-0,2}{-0,47}$	$\frac{-0,1}{-0,31}$	$\frac{-0,4}{-0,81}$	$\frac{-0,2}{-0,51}$	$\frac{-0,6}{-0,81}$	$\frac{-0,3}{-0,81}$
Атмосферные осадки, мм	$\frac{19,7}{0,45}$	$\frac{-45,4}{-0,64}$	$\frac{9,9}{0,12}$	$\frac{-18,6}{-0,23}$	$\frac{-13,9}{-0,24}$	$\frac{-29,4}{-0,23}$
Шарковщина						
Суммарное испарение, мм	$\frac{0,8}{0,02}$	$\frac{-10,8}{-0,27}$	$\frac{5,6}{0,15}$	$\frac{-2,2}{-0,05}$	$\frac{2,6}{0,1}$	$\frac{-2,3}{-0,12}$
Температура воздуха, °С	$\frac{-0,4}{-0,14}$	$\frac{-0,2}{-0,07}$	$\frac{1,3}{0,43}$	$\frac{0,6}{0,25}$	$\frac{1,0}{0,39}$	$\frac{0,4}{0,38}$
Скорость ветра, м/с	$\frac{-0,3}{-0,65}$	$\frac{-0,3}{-0,57}$	$\frac{-0,5}{-0,76}$	$\frac{-0,5}{-0,67}$	$\frac{-0,8}{-0,79}$	$\frac{-0,5}{-0,93}$
Атмосферные осадки, мм	$\frac{19,4}{0,32}$	$\frac{-13,4}{-0,19}$	$\frac{9,9}{0,13}$	$\frac{-1,3}{-0,02}$	$\frac{-25,4}{-0,5}$	$\frac{-2,4}{-0,02}$

Примечание. Выделены статистически значимые коэффициенты корреляции.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции суммарного испарения и формирующих его факторов за период современного потепления

Факторы	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Период вегетации
Василевичи						
Температура воздуха, °С	0,50	-0,08	0,07	-0,34	-0,04	-0,14
Скорость ветра, м/с	0,06	0,08	-0,2	-0,32	0,37	0,23
Атмосферные осадки, мм	0,33	0,55	-0,04	0,12	0,09	0,42
Шарковщина						
Температура воздуха, °С	0,13	-0,09	-0,02	-0,49	-0,13	-0,28
Скорость ветра, м/с	0,05	0,08	-0,25	0,07	0,06	0,1
Атмосферные осадки, мм	0,61	0,29	0,55	0,53	0,24	0,63

Примечание. Выделены статистически значимые коэффициенты корреляции.

Оценка различий в средних значениях за рассматриваемые периоды осуществлялась при помощи t критерия, а различий характера колебаний — F критерия (табл. 3).

Таблица 3

Статистические параметры временных рядов суммарного испарения и их критерии за различные интервалы

Параметры	Интервал	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Период вегетации
Василевичи							
Среднее	1959–1987	71,7	101,6	88,0	59,4	36,9	378,8
	1988–2011	83,7	72,7	82,0	68,0	33,8	362,0
Дисперсия	1959–1987	485,5	1078,3	820,4	351,4	169,5	5635,1
	1988–2011	301,8	394,4	322,0	264,5	121,1	1773,9
Шарковщина							
Среднее	1962–1987	88,9	85,2	80,6	70,2	41,4	392,9
	1988–2011	89,2	82,6	85,1	70,8	54,5	411,0
Дисперсия	1962–1987	387,8	547,2	672,6	687,5	285,8	5046,4
	1988–2011	274,1	217,7	321,1	614,6	160,6	2429,6
Полесская							
Среднее	1980–1987	99,7	89,2	82,5	64,5	38,2	400,3
	1988–2011	89,0	82,4	87,7	68,7	41,9	401,0
Дисперсия	1980–1987	653,8	872,1	703,0	646,0	453,7	4099,3
	1988–2011	567,8	218,4	590,7	190,5	132,1	2632,2
Волковыск							
Среднее	1981–1987	89,1	80,2	80,6	59,5	36,9	373,3
	1988–2011	80,5	72,1	80,9	64,6	41,8	352,6
Дисперсия	1981–1987	256,8	520,3	559,3	441,8	185,0	2717,9
	1988–2011	172,9	181,9	545,3	440,4	46,0	2145,4

Примечание. Выделены статистически значимые различимые параметры.

Наибольшие изменения в средних величинах суммарного испарения произошли по метеостанции Василевичи, причем эти изменения носят разнонаправленный характер. Статистически значимое увеличение средних месячных величин суммарного испарения произошло в мае и августе, а уменьшение — в июне. В целом, за вегетационный период изменений средних значений суммарного испарения не произошло. Это в полной мере соответствует росту температур воздуха по данной метеостанции. По метеостанциям Шарковщина и Полесская только в сентябре имеет место статистически значимое увеличение средних месячных величин. По метеостанции Волковыск различий в средних месячных величинах суммарного испарения не установлено. Это, по-видимому, связано с недостаточностью временного ряда.

Статистически значимое увеличение суммарного испарения в мае (Василевичи) и сентябре (Шарковщина), что определено ростом дефицитов влажности воздуха. Снижение выборочных средних величин суммарного испарения в июне по метеостанции Василевичи вызвано влиянием уменьшения средней скорости ветра.

Статистически значимые различия в колебаниях временных рядов суммарного испарения установлены в июне, июле и за вегетационный период в целом по метеостанции Василевичи, по которой характерны, в эти же месяцы, различия в колебаниях температуры воздуха (июнь, июль, вегетационный период) и атмосферных осадков для вегетационного периода. Аналогичная картина наблюдается по метеостанции Шарковщина. Это согласуется с различиями в колебаниях рядов температур воздуха (сентябрь, вегетационный период), атмосферных осадков (июль, август, сентябрь) и скорости ветра.

Таким образом, можно констатировать, что существенных изменений в величинах суммарного испарения за период, предшествующий современному потеплению и период, собственно, потепления не наблюдается, но в то же время произошли изменения во временной внутригодовой структуре рядов наблюдений, изменилась амплитуда и частота колебаний, что необходимо учитывать при решении задач, связанных с прогнозированием суммарного испарения.

Оценка влияния различных эпох атмосферной циркуляции на суммарное испарение осуществлялась с использованием приведенных выше критериев. В табл. 4 приведены статистические параметры суммарного испарения за интервалы осреднения по периодам, соответствующим атмосферным циркуляционным эпохам (1949–1970 гг. — меридиональная, 1971–1995 гг. — восточная, 1996–2011 гг. — западная) и значения критериев Фишера и Стьюдента.

Как видно из табл. 4, по метеостанции Василевичи статистически значимые различия наблюдались между меридиональной и восточной эпохами атмосферной циркуляции в августе и сентябре, восточной и западной — в июне и августе и меридиональной и западной — в мае и июне. Различия в дисперсиях имеет место между меридиональной и восточной эпохами атмосферной циркуляции в июне, июле и за вегетационный период в целом, такая же картина между меридиональной и западной. Различий между восточной и западной эпохами атмосферной циркуляции установить не удалось. В отличие от метеостанции Василевичи, по метеостанции Шарковщина меньше различий в средних величинах суммарного испарения. Различия наблюдаются только между меридиональной и западной эпохами атмосферной циркуляции. Отличия между метеостанциями обусловлены влиянием мощного антропогенного фактора в виде крупномасштабных мелиораций Полесья. По метеостанции Полесская в июле и за период вегетации наблюдаются статистически значимые различия дисперсий между восточной и западной эпохи атмосферной циркуляции, а по метеостанции Волковыск — с мая по сентябрь.

Определенный интерес представляет синхронность в колебаниях суммарного испарения по территории. С помощью корреляционного анализа выделены интервалы и периоды со статистически значимыми коэффициентами корреляции между временными рядами суммарного испарения по метеостанциям Василевичи и Шарковщина (табл. 5). Так, в мае синхронность в суммарном испарении отсутствует для всех периодов осреднения. Это связано в первую очередь с различной динамикой продуктивных влагозапасов в почве. Так по северу территории Беларуси влажность находится в диапазоне

от наименьшей влагоемкости до влажности разрыва капиллярных связей и величина суммарного испарения определяется в основном теплоресурсами территории. По югу страны в мае продуктивные влагозапасы в значительной степени израсходованы и величина суммарного испарения определяется влагозапасами в почве. В дальнейшем по всей территории преобладающим фактором выступают почвенные влагозапасы и отмечается некоторая синхронность в колебаниях. В сентябре увеличивается количество атмосферных осадков и большее влияние на суммарное испарение оказывают тепло-ресурсы, что и проявляется в сентябре за период современного потепления.

Таблица 4

Статистические параметры временных рядов суммарного испарения и их критерии за различные эпохи атмосферной циркуляции

Параметры	Период	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Период вегетации
Василевичи							
Среднее	1959–1970	65,4	110,8	96,4	71,4	42,0	408,1
	1971–1995	77,4	89,6	80,8	57,1	33,7	360,5
	1996–2011	85,4	70,1	83,9	66,8	33,5	360,2
<i>t</i>	I–II	1,63	1,71	1,40	2,11	1,78	1,55
	II–III	1,27	2,63	0,52	1,90	0,05	0,02
	I–III	2,44	3,21	1,09	0,67	1,69	1,53
Дисперсия	1959–1970	494,9	1553,6	1299,5	399,5	206,8	10473,6
	1971–1995	333,7	593,5	393,3	302,4	116,4	1728,1
	1996–2011	415,6	497,5	340,9	220,9	129,1	1632,5
<i>F</i>	I–II	1,48	2,62	3,30	1,32	1,78	6,06
	II–III	1,24	1,19	1,15	1,37	1,11	1,06
	I–III	1,19	3,12	3,81	1,81	1,60	6,42
Шарковщина							
Среднее	1962–1970	88,5	92,9	84,4	68,7	41,7	402,8
	1971–1995	88,6	84,0	78,6	73,2	45,2	398,8
	1996–2011	90,1	78,7	88,3	67,1	54,8	405,2
<i>t</i>	I–II	0,01	1,56	0,61	0,48	0,85	0,17
	II–III	0,26	0,81	1,35	0,75	1,68	0,31
	I–III	0,24	2,16	0,37	0,15	2,30	0,10
Дисперсия	1962–1970	181,3	149,8	677,0	564,8	80,5	3210,2
	1971–1995	350,0	396,3	356,7	717,1	217,6	3831,0
	1996–2011	393,2	416,9	589,1	603,4	372,3	4190,7
<i>F</i>	I–II	1,93	2,65	1,90	1,27	2,70	1,19
	II–III	1,12	1,05	1,65	1,19	1,71	1,09
	I–III	2,17	2,78	1,15	1,07	1,27	1,31

Примечание. Выделены статистически значимые величины.

Таблица 5

Коэффициенты корреляции между временными рядами суммарного испарения по метеостанциям Василевичи и Шарковщина за различные периоды и интервалы осреднения

Период осреднения	Интервал осреднения					
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Период вегетации
весь период (1962–2011 гг.)	0,19	0,30	0,37	0,35	0,27	0,42
до потепления (1962–1987 гг.)	0,18	0,05	0,39	0,50	0,22	0,36
современное потепление (1988–2011 гг.)	0,22	0,54	0,39	0,24	0,44	0,53
Преобладание эпох атмосферной циркуляции:						
меридиональная (1962–1970 гг.)	0,11	0,22	0,30	0,82	–0,12	0,69
восточная (1971–1995 гг.)	0,18	–0,04	0,45	0,56	0,48	0,27
западная (1996–2011 гг.)	0,25	0,74	0,31	–0,18	0,35	0,52

Примечание. Выделены статистически значимые величины.

Заклучение

Комплексный анализ колебаний суммарного испарения по данным почвенных испарителей на агрометеостанциях Беларуси показал их сложность и неоднозначность. Современное потепление, как и влияние эпох атмосферной циркуляции, в большей степени оказали влияние на суммарное испарение в южных районах страны (Полесье), чем в северных (Поозерье), хотя эти изменения не являются значительными. Происходящие процессы разнятся как по территории, так и по скорости самих процессов, которые будут усиливаться в связи с прогнозируемым изменением климата. В то же время произошли изменения в характере колебаний, изменилась амплитуда и частота колебаний суммарного испарения, что необходимо учитывать при решении задач, связанных с прогнозированием суммарного испарения.

Поставленная проблема требует всесторонних дальнейших исследований, так как изменение режима суммарного испарения окажет влияние на функционирование многих природных и антропогенных экосистем, потребует разработку компенсационных мероприятий, пересмотра нормативных документов для проектирования водохозяйственных систем и т.д.

Литература

1. *Валуев В.Е., Волчек А.А., Пойта П.С., Шведовский П.В.* Статистические методы в природопользовании. Учебное пособие. — Брест: БрПИ, 1999. — 252 с.
Valuev V.E., Volchek A.A., Poyta P.S., Shvedovskiy P.V. Statisticheskie metody v prirodopol'zovanii. Uchebnoe posobie. — Brest: BrPI, 1999. — 252 s.
2. *Волчек А.А., Дашкевич Д.Н.* Оценка суммарного испарения на территории Беларуси: современное состояние и прогноз. // Экологический вестник, 2013, № 1, с. 16–25.

Volchek A.A., Dashkevich D.N. Otsenka summarnogo ispareniya na territorii Belarusi: sovremennoe sostoyanie i prognoz. // *Ekologicheskiy vestnik*, 2013, № 1, s. 16–25.

3. *Логонов В.Ф., Волчек А.А., Волобуева Г.В.* Изменение ветрового режима на территории Беларуси в XX в. // *Природные ресурсы*, 2005, № 4, с. 5–12.
Loginov V.F., Volchek A.A., Volobueva G.V. Izmenenie vetrovogo rezhima na territorii Belarusi v XX v. // *Prirodnye resursy*, 2005, № 4, s. 5–12.