

всех метеостанциях наблюдается рост суммарного испарения, что обусловлено разнонаправленностью векторов факторов, формирующих процесс испарения. Интенсивность испарения зависит от тепловых, влажностных и динамических характеристик пограничного слоя атмосферы. Для установления причин многолетних направленных изменений интенсивности суммарного испарения с территории Беларуси был проведен подробный анализ изменений гидрометеорологических характеристик. Наиболее значимо изменилась временная структура скорости ветра, по всем метеостанциям наблюдается уменьшение скорости. Что еще раз доказывает о сложности физического процесса суммарного испарения, многофакторности формирования этого режима, взаимокомпенсационности этих факторов между собой.

Заключение. По результатам исследований, можно констатировать о наметившейся тенденции изменения режима суммарного испарения на территории Беларуси, вызванной современными природными и антропогенными факторами, в том числе потеплением климата. Происходящие процессы рознятся как по пространственному распределению, так и по скорости изменения самих процессов, которые будут усиливаться в связи с прогнозируемым изменением климата. Полученные результаты в полной мере корреспондируются с ранее полученными значениями прогнозных оценок температур и дефицитов влажности воздуха, атмосферных осадков на период до 2020 года [6].

Поставленная проблема далека от своего полного решения, полученные результаты требуют дальнейшей всесторонней проверки,

так как изменение режима суммарного испарения потребует пересмотра нормативов при проектировании водохозяйственных объектов и разработки компенсационных мероприятий.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Статистические методы в природопользовании: учеб. пособие / В.Е. Валуев [и др.]. – Брест: БрПИ, 1999. – 252 с.
2. Мезенцев, В.С. Увлажненность Западно-Сибирской равнины / В.С. Мезенцев, И. В. Карнацевич. – Л.: Гидрометеоздат, 1969. – 168 с.
3. Гидрологические расчеты в мелиоративных целях. Ч. 1. / В.С. Мезенцев [и др.]. – Омск, 1980 – 80 с.
4. Волчек, А.А. Методика определения максимально возможного испарения по массовым метеоданным (на примере Белоруссии) // Научно-техническая информация по мелиорации и водному хозяйству (Минводхоз БССР), 1986. – № 12. – С. 17–21.
5. 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/2008/pdf/resume_teh.pdf. - Дата доступа: 25.10.2011.
6. Волчек, А.А. Возможные изменения речного стока в зависимости от прогнозируемого изменения климата / А.А. Волчек, Д.Н. Дашкевич, О.П. Мешик, В.Е. Валуев // Экологический вестник. – 2011. – № 3. – С. 5–13.

Материал поступил в редакцию 10.05.12

VOLCHAK A.A., DASHKEVICH D.N. Total evaporation on territories of Belarus and its look-ahead estimations

In article results of research of tendencies of change of total evaporation, temperatures of air, an atmospheric precipitation, deficiencies of humidity of air in territory of Belarus are presented. The statistical analysis of change of time numbers of total evaporation and the basic climatic factors is made. The look-ahead estimation of these parametres on 2020r is carried out. Values of percentage change of total evaporation for 2020 concerning 2010r are received. It is established that there is no accurate orientation of fluctuations of total evaporation. Takes place, both increase, and reduction of total evaporation by territories of Belarus. The least transformation of total evaporation will occur in May (from-7 % to 9 %), the greatest – in autumn months (from-29 % to 26 %).

УДК 551.58.57 (476)

Валуев В.Е., Волчек А.А., Мешик О.П., Шпока И.Н.

СПЕЦИФИКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ ОПАСНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В КОНТЕКСТЕ АНАЛИЗА ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНДА

Введение. Опасные метеорологические явления (ОМЯ) снижают устойчивость и влияют на динамику развития экономики Беларуси. К опасным метеоявлениям, создающим угрозу хозяйству страны, здоровью и жизни людей относят [1]: заморозки, засухи и засушливые явления, нехарактерные для местных условий дожди, грозы, град, шквалы и смерчи, туманы, оттепели, метели, критически низкие температуры воздуха и почвы. В настоящей работе освещается опыт исследования пространственного распределения на территории Беларуси максимальных суточных величин атмосферных осадков, максимальных и минимальных температур воздуха. При этом, в качестве основного используется картографический метод исследований. Построение карты в изолиниях основано на интерполяции данных между эмпирическими точками и экстраполяции картируемой информации на периферию. Допускается, что наблюдаемые в точке (m) и в близлежащих точках значения ОМЯ тесно коррелированы. Так как картируемая переменная положительно автокоррелирована на малых расстояниях, между точками можно построить непрерыв-

ную поверхность. При картографировании ОМЯ на территории Беларуси использована выборка репрезентативных экспериментальных метеоданных по 50 эмпирическим точкам [2].

Степень пространственной непрерывности регионализированной переменной выражается вариограммой. При наличии данных в рассеянном множестве точек и известной форме вариограммы, независимое значение ОМЯ нами оценивается в любой точке, не принадлежащей выборке (Z). В качестве критерия оценки принят крайгинг [3].

Крайгинг нами использован для целей картирования ОМЯ в изолиниях, так как его отличают оптимальные статистические свойства (измерение ошибки или неопределенности поверхности изображаемой изолиниями, возможности использования полувариограммы для нахождения оптимального множества весов, оценки поверхности в точках, отличных от эмпирических, в функции расстояния и веса, изменяющихся в соответствии с географическим положением используемых точек наблюдений за ОМЯ).

Валуев Владимир Егорович, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры сельскохозяйственных гидротехнических мелиораций Брестского государственного технического университета.

Мешик Олег Павлович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры сельскохозяйственных гидротехнических мелиораций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Шпока Ирина Николаевна, ассистент кафедры географии Беларуси Брестского государственного университета им. А.С. Пушкина.

Беларусь, БрГУ им. А.С. Пушкина, 224016, г. Брест, бульвар Космонавтов, 21.

При реализации крайгинга допускается, что картируемая переменная статистически стационарна и свободна от ярко выраженного тренда. Значение в точке (m), не принадлежащей эмпирической выборке, оценивается как взвешенное среднее из наблюдаемых, т.е. при ограниченном множестве близлежащих контрольных точек

$$\hat{X}_{ОМЯ.m} = \sum W_i X_{ОМЯ.i}, \quad (1)$$

где W_i – весовой коэффициент для i -той точки, $X_{ОМЯ.i}$ – значение ОМЯ в i -той точке.

Оценка ($\hat{X}_{ОМЯ.m}$) отличается от истинного (неизвестного) значения ($X_{ОМЯ.m}$) на величину ошибки оценки

$$\varepsilon_m = \hat{X}_{ОМЯ.m} - X_{ОМЯ.m}. \quad (2)$$

При сумме весов, равной единице, полученная характеристика является несмещенной (при условии отсутствия тренда), т.е. для большого множества оценок средняя ошибка равна нулю, так как положительные и отрицательные отклонения взаимно компенсируются. Но и при нулевой средней ошибке оценки, сами оценки могут быть широко рассеянными относительно истинных значений. Рассеяние характеризуется дисперсией ошибки

$$S_\varepsilon^2 = \frac{1}{n} \sum (\hat{X}_{ОМЯ.m} - X_{ОМЯ.m})^2. \quad (3)$$

Практическое определение значений за пределами точек инструментальных наблюдений, осуществляется по крайгингу, обеспечивающему минимальную ошибку оценки.

Оптимальные значения весовых коэффициентов находятся решением системы уравнений, в которые включаются значения из вариограммы оцениваемых характеристик при условии, что окончательные оценки являются несмещенными и имеют минимальную дисперсию. Другие возможные линейные комбинации данных наблюдений не дают оценок с меньшим рассиванием относительно их истинных значений.

Простой случай крайгинга – оценка ОМЯ ($X_{ОМЯ}$) в точке (m) по трем ближайшим метеопунктам, представлен системой из трех уравнений:

$$\begin{cases} W_1\gamma(h_{11}) + W_2\gamma(h_{12}) + W_3\gamma(h_{13}) = \gamma(h_{1m}); \\ W_1\gamma(h_{12}) + W_2\gamma(h_{22}) + W_3\gamma(h_{23}) = \gamma(h_{2m}); \\ W_1\gamma(h_{13}) + W_2\gamma(h_{23}) + W_3\gamma(h_{33}) = \gamma(h_{3m}), \end{cases} \quad (4)$$

где $\gamma(h_{ij})$ – полувариограмма на расстоянии (h), соответствующем интервалу между контрольными точками i и j .

Например, $\gamma(h_{13})$ – полувариограмма для расстояния между известными точками 1 и 3; $\gamma(h_{1m})$ – полувариограмма для расстояния между известной точкой 1 и точкой (m), в которой производится оценка. Матрица в левой части системы симметрична, так как $h_{ij}=h_{ji}$. Диагональные элементы матрицы равны нулю, так как (h_{ij}) представляет расстояние точки от себя самой (равно нулю). В предположении, что полувариограмма проходит через начало координат, для нулевого расстояния полувариограмма равна нулю. Значения полудисперсии берутся из полувариограммы, которая должна быть известна или оценена до крайгинга.

Однако, для обеспечения несмещенности решения, необходимо наложить ограничение на веса; их сумма должна быть равна единице

$$W_1 + W_2 + W_3 = 1,0. \quad (5)$$

В итоге используется набор из четырех уравнений для трех неизвестных. Так как уравнений больше, чем неизвестных, для обеспечения минимально возможной ошибки оценки необходимо использовать дополнительные степени свободы. Это достигается путем включения в систему уравнений переменной (λ), представляющей собой множитель Лагранжа и являющейся свободным членом. Полная система уравнений имеет следующий вид:

$$\begin{cases} W_1\gamma(h_{11}) + W_2\gamma(h_{12}) + W_3\gamma(h_{13}) + \lambda = \gamma(h_{1m}) \\ W_1\gamma(h_{12}) + W_2\gamma(h_{22}) + W_3\gamma(h_{23}) + \lambda = \gamma(h_{2m}) \\ W_1\gamma(h_{13}) + W_2\gamma(h_{23}) + W_3\gamma(h_{33}) + \lambda = \gamma(h_{3m}) \\ W_1 + W_2 + W_3 + 0 = 1,0 \end{cases} \quad (6)$$

или в матричной форме

$$\begin{bmatrix} \gamma(h_{11}) & \gamma(h_{12}) & \gamma(h_{13}) & 1 \\ \gamma(h_{12}) & \gamma(h_{22}) & \gamma(h_{23}) & 1 \\ \gamma(h_{13}) & \gamma(h_{23}) & \gamma(h_{33}) & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ W_3 \\ \lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma(h_{1m}) \\ \gamma(h_{2m}) \\ \gamma(h_{3m}) \\ 1 \end{bmatrix}. \quad (7)$$

В общем виде решается матричное уравнение $[A] \cdot [W] = [B]$ для вектора неизвестных коэффициентов $[W]$. Члены матрицы $[A]$ и векторы $[B]$ берутся непосредственно из полувариограммы или из математических функций, описывающих ее вид.

При известных весах значение оцениваемой переменной в точке (m) устанавливается как

$$\hat{X}_{ОМЯ.m} = W_1 X_{ОМЯ.1} + W_2 X_{ОМЯ.2} + W_3 X_{ОМЯ.3}. \quad (8)$$

Оценка дисперсии имеет вид

$$S_\varepsilon^2 = W_1\gamma(h_{1m}) + W_2\gamma(h_{2m}) + W_3\gamma(h_{3m}) + \lambda. \quad (9)$$

Дисперсия оценки является взвешенной суммой полудисперсий для расстояний до точек, использованных в оценивании, и переменной (λ). Таким образом, крайгинг позволяет минимизировать ошибки в случае нерегулярной сети наблюдений и дает количественное выражение полученных ошибок.

На рис. 1–3 представлены построенные карты пространственного распределения исследуемых метеохарактеристик на территории Беларуси. С целью исключения случайной составляющей, выполнено осреднение исходных данных по трем последовательным предельным значениям элементов.

Максимальные осредненные суммы атмосферных осадков ≥ 100 мм приходятся на территории в районах Житковичей, Барановичей и Бобруйска (рис. 1). Наибольшая суточная сумма осадков 148 мм зарегистрирована в июле 1973 года в пункте Славное. Изотерма 35,0 °С (рис. 2) проходит примерно по линии: Лида, Барановичи, Минск, Борисов, Березино, Бобруйск, Чечерск. Самая высокая температура воздуха 38,0 °С зарегистрирована в августе 1946 года в Василевичах. Абсолютные минимумы ниже –35,0 °С зарегистрированы практически на всей территории Беларуси за исключением отдельных районов Гродненской, Минской и Брестской областей. Наименьшая отрицательная температура воздуха –42,2 °С наблюдалась в январе 1940 года в пункте Славное.

Несмотря на выполненное осреднение, необходимо отметить, что информативность рис. 1–3, в смысле отражения процессов формирования опасных метеоявлений на территории Беларуси может быть повышена за счет привлечения других методов исследований. Например, максимальная сумма осадков 148 мм в пункте Славное является исключительной, последующие значения составляют 67 и 60 мм. Построенные с использованием крайгинга карты (рис. 1–3) характерны для статистически стационарной переменной. В действительности, в природных процессах, принято выделять трендовую составляющую, при которой вычисленные значения будут систематически занижаться или завышаться, что зависит от фактического размещения точек наблюдений за ОМЯ и направления плоскости тренда. В этом случае, нестационарная регионализованная переменная рассматривается как состоящая из двух компонент. Тренд представляет собой среднее или ожидаемое значение регионализованной переменной в пределах района и медленно изменяется, характеризуя нестационарную часть поверхности. Остаток является разностью между действительными изменениями и трендом. Если из регионализованной нестационарной переменной устранить тренд, то остатки станут стационарными, и к ним можно применить крайгинг. В этом случае, крайгинг состоит из следующих процедур:

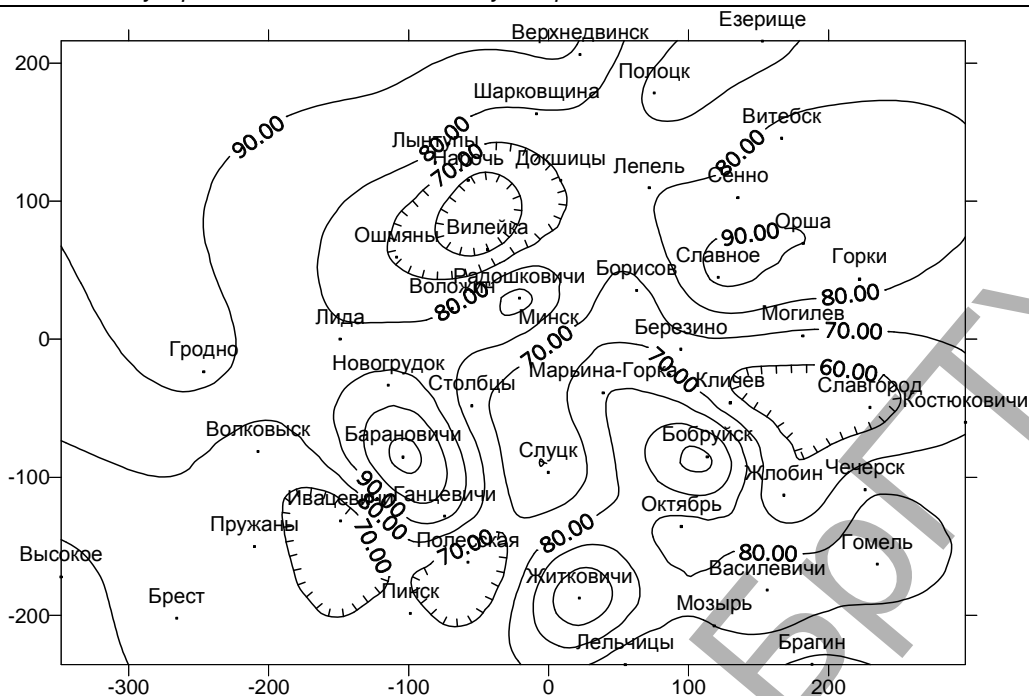


Рис. 1. Максимальные средненесяные суточные суммы атмосферных осадков на территории Беларуси, мм

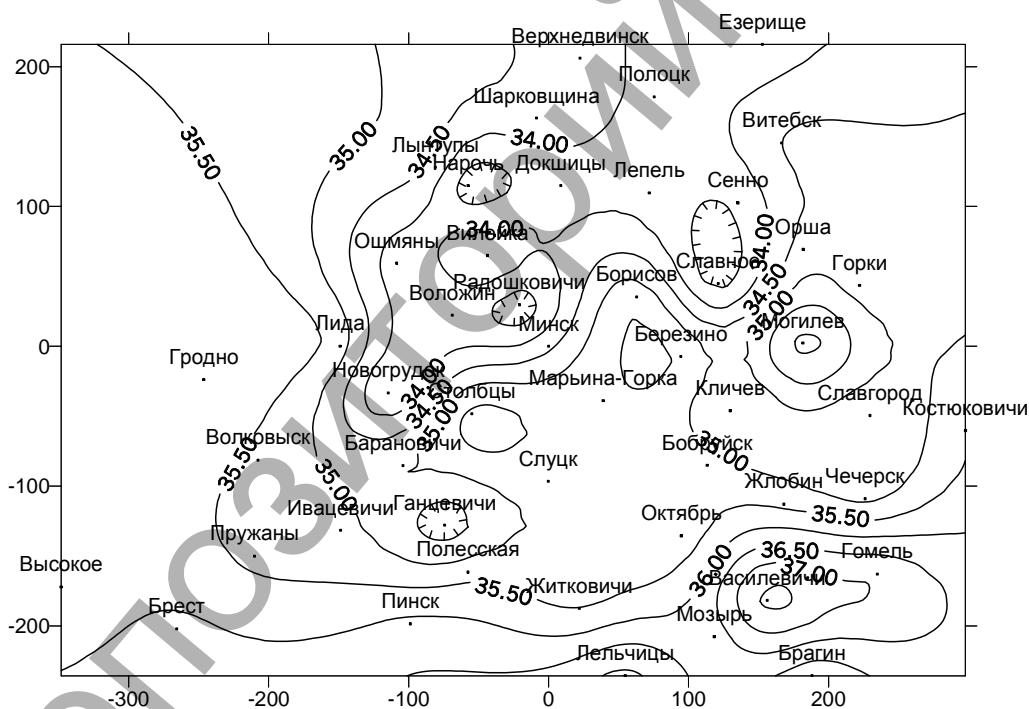


Рис. 2. Максимальная средненесяная температура воздуха

- выявления трендовой составляющей и ее удаления;
- проведения крайгинга для полученных остатков в точках вне пределов инструментальных наблюдений;
- группировки полученных остатков с трендовыми составляющими и получения истинной поверхности.

Глобальную, региональную и локальную компоненты в структуре распределения ОМЯ по территории Беларуси можно выделять в ходе анализа поверхностей тренда исследуемых характеристик. Глобальная и, отчасти, региональная составляющие функционально связаны с географическими координатами метеопунктов/точек. На рис. 4–6 показаны линейные и полиномиальные поверхности тренда исследуемых погодных аномалий.

Линейные поверхности тренда (рис. 4–6 а) отражают формирование ОМЯ в глобальном разрезе вне пределов Беларуси. Максимальное количество осадков уменьшается по направлению юго-запад – северо-восток с небольшим градиентом (около 3 мм). Максимальная температура воздуха уменьшается по направлению юг – север с некоторым смещением на северо-запад, при градиенте около 2 °С. Минимальная температура изменяется строго по направлению юго-запад – северо-восток, с градиентом в пределах Беларуси около 5,5°С.

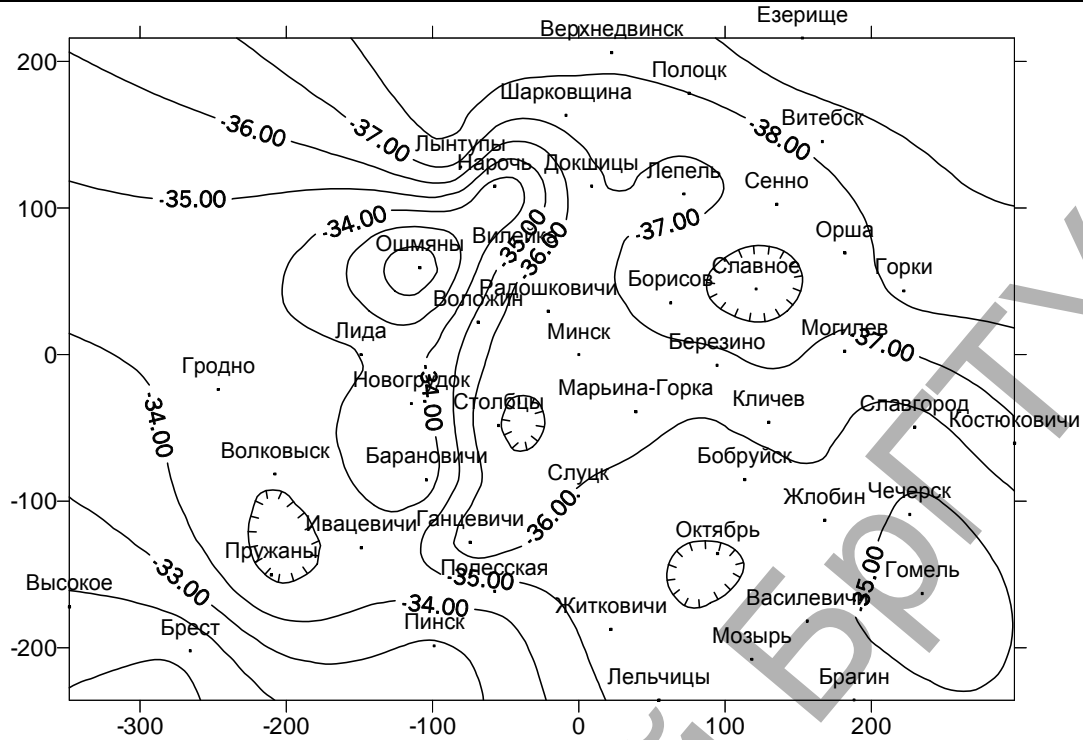
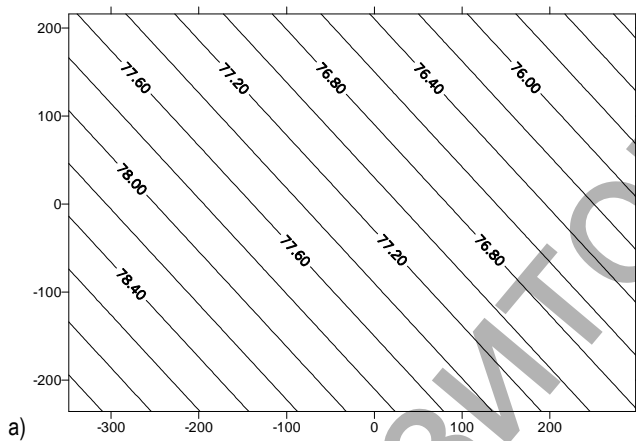
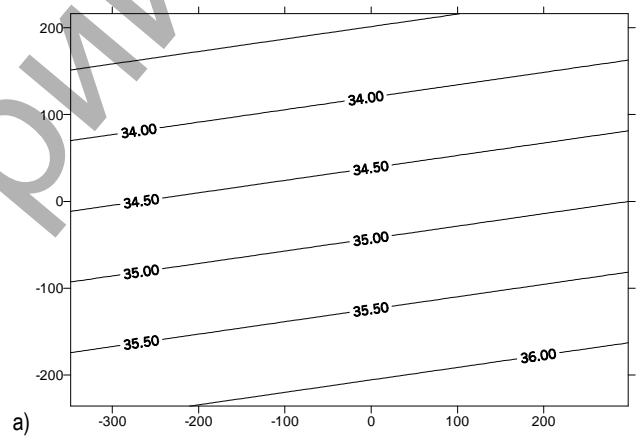


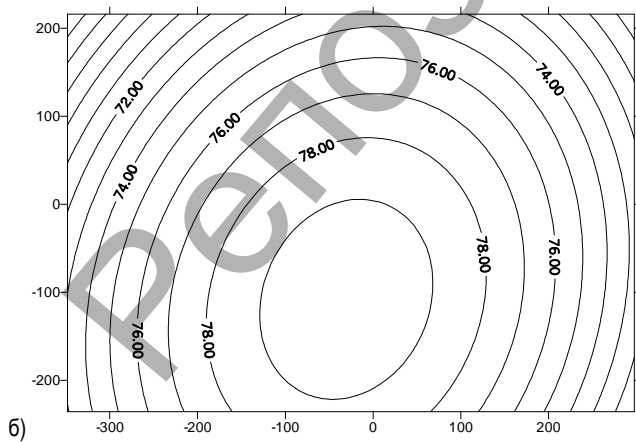
Рис. 3. Минимальная осредненная температура воздуха на территории Беларуси, °С



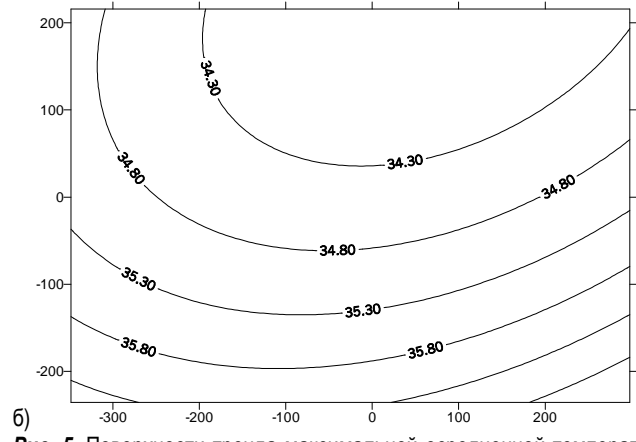
а)



а)



б)



б)

Рис. 4. Поверхности тренда максимальных осредненных суточных сумм атмосферных осадков на территории Беларуси, мм: а) линейная; б) полиномиальная

Рис. 5. Поверхности тренда максимальной осредненной температуры воздуха на территории Беларуси, °С: а) линейная; б) полиномиальная

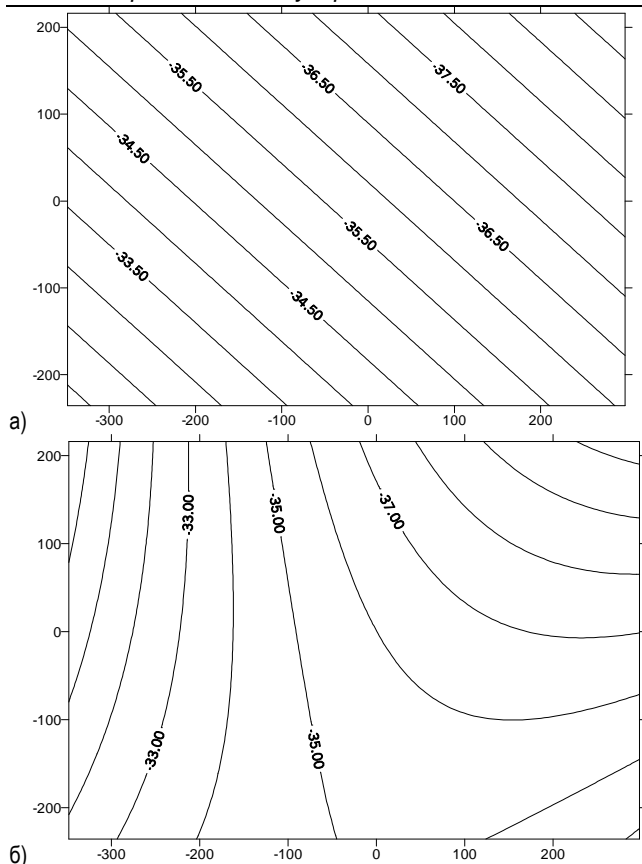


Рис. 6. Поверхности тренда минимальной осредненной температуры воздуха на территории Беларуси, °С: а) линейная; б) полиномиальная

Полиномиальные поверхности тренда (рис. 4–6 б) отражают региональные особенности ОМЯ Беларуси. В частности, экстремальный режим увлажнения определяют, прежде всего, рельефные факторы. Наибольшие значения атмосферных осадков приходится

на центральные районы, окруженные Новогрудской, Минской и Оршанской возвышенностями. Выделяется ядро с центром в районе Житковичей. Здесь регистрируется наибольшее число дней в году с грозой [1]. Как известно, ливневые осадки часто сопровождаются грозами, и в это время выпадает большое количество осадков, что подтверждается информацией, представленной на рис. 4 б. Экстремальный температурный режим формируется комплексом факторов с преобладанием адвективной составляющей турбулентного потока приземной атмосферы. В летний период велико влияние Азорского максимума, регенерирующего антициклоны [1]. Ось эллипса (рис. 5 б) соответствует направлению движения антициклонов. Малая облачность способствует прогреванию воздуха в процессе его перемещения в северо – восточном направлении. Теплые потоки воздуха в пределах Беларуси огибают возвышенности (рис. 5 б), проходят по долинам, которые, в итоге, лучше прогреваются. В формировании абсолютных минимумов также велика роль адвекции холода на фоне радиационного выхолаживания земной поверхности. Особо выделяются северо- восточные районы Беларуси с температурами воздуха $-37,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже (рис. 6 б).

Оценить локальную составляющую ОМЯ представляется возможным в ходе анализа разностей величин исследуемых характеристик и их тренд–поверхностей (рис. 7–9). В этом случае, полученные остатки представляют собой стационарную переменную.

На рис. 7–9 фоном представлены разности, наглядно характеризующие локальные особенности в формировании погодных аномалий на территории Беларуси. Данные карты, в комплексе с информацией, характеризующей особенности рельефа, почвенных условий, растительного покрова и др. позволяют устанавливать районы, наиболее подверженные влиянию негативных природных процессов (ОМЯ) на хозяйственно-экономические условия Беларуси через окружающую среду, в целом.

Так, согласно рис. 7, наибольшая возможная уязвимость со стороны экстремально высоких суточных сумм атмосферных осадков, касается районов Новогрудской, Минской и Оршанской возвышенностей и большей части территории Гомельской области. Наибольшее отклонение максимальных суточных сумм осадков (около 40 мм) от поверхности тренда наблюдается в районе Барановичей. Информация на рис.7 хорошо увязывается с повторяемостью (% лет с метеоявлением к числу лет обобщения) анализируемого опасного

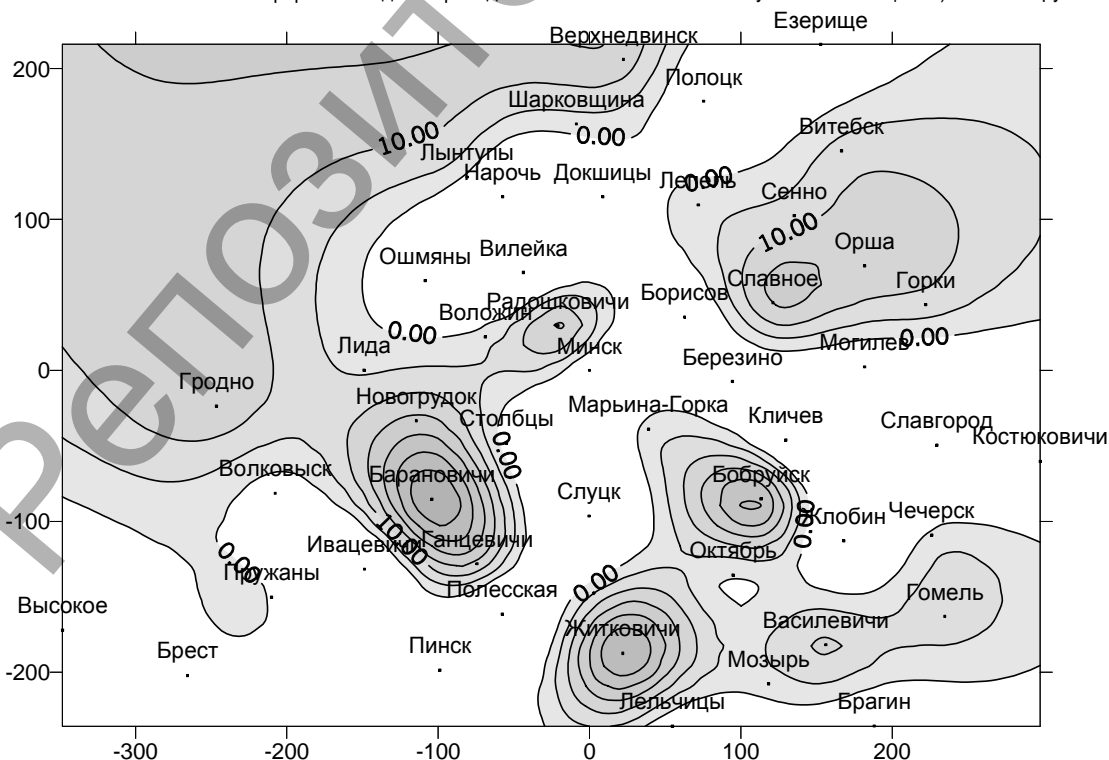


Рис. 7. Карта разности максимальных осредненных суточных сумм атмосферных осадков (рис. 1) и линейной поверхности тренда (рис. 4 а), мм

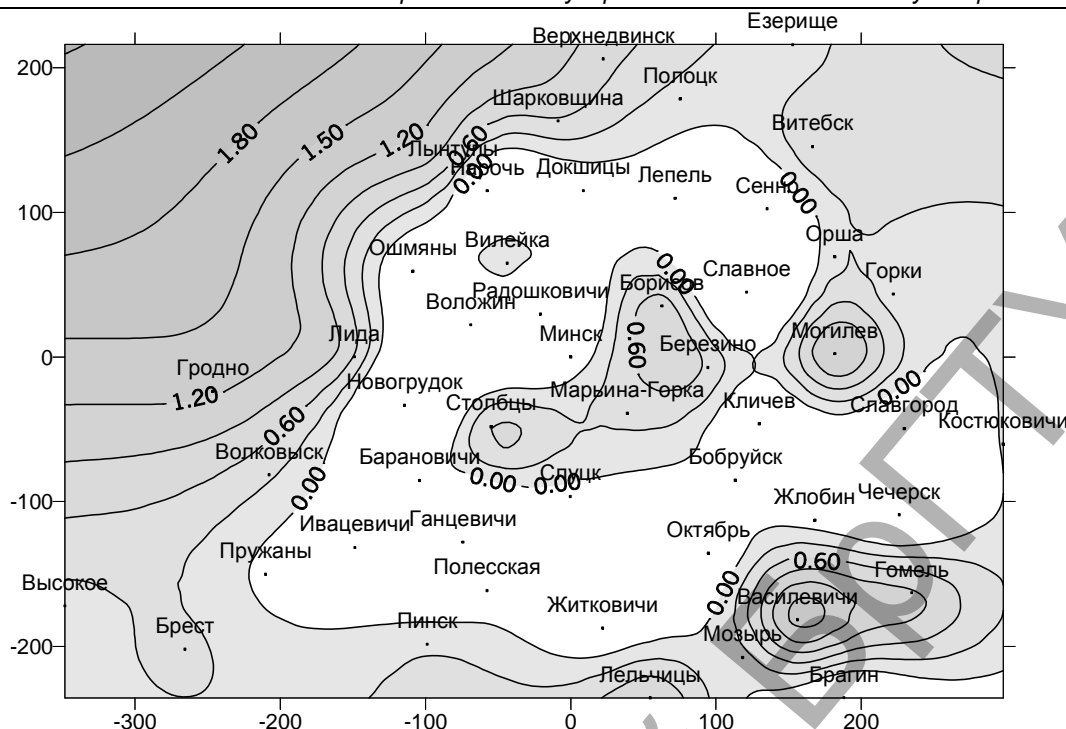


Рис. 8. Карта разности максимальной осредненной температуры воздуха (рис. 2) и линейной поверхности тренда (рис. 5 а), °С

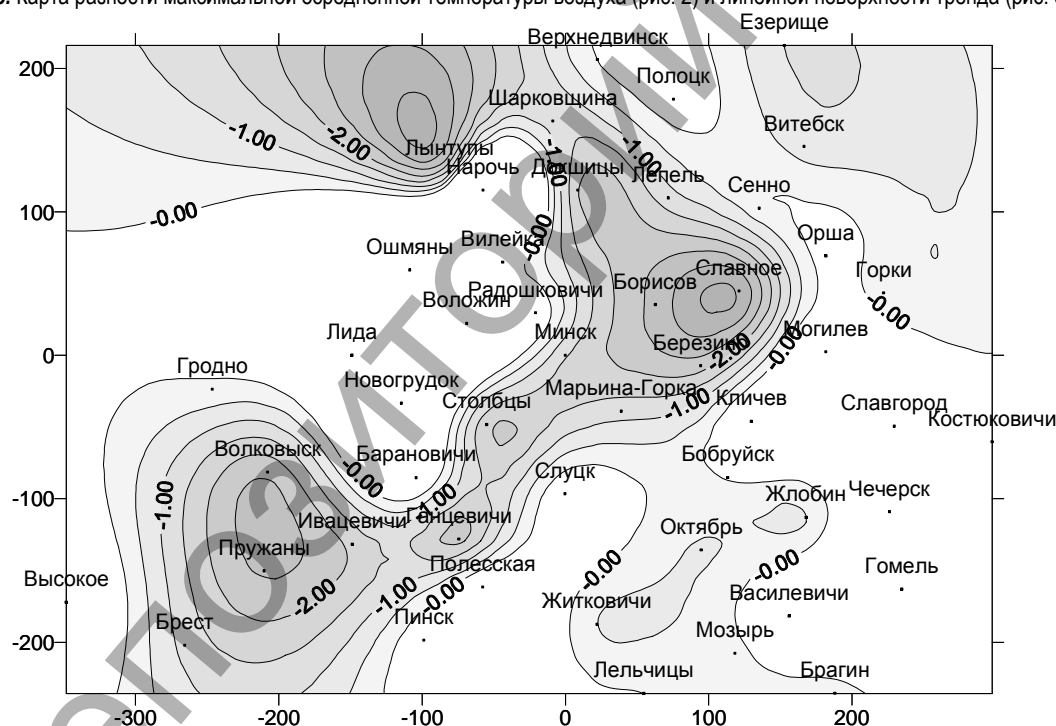


Рис. 9. Карта разности минимальной осредненной температуры воздуха (рис. 3) и линейной поверхности тренда (рис. 6 а), °С

явления. Положительные разности, в основном, присущи районам с наибольшей повторяемостью максимальных осадков. Исключение составляет территория в районе Бобруйска. Относительно благополучными по экстремальному режиму выпадения осадков являются территории, расположенные по линии: Брест – Пинск – Полесская – Слуцк – Борисов – Докшицы – Полоцк – Езерище. Здесь значения максимальных сумм атмосферных осадков остаются на уровне или ниже фоновых.

Распределение локальной составляющей максимальных температур воздуха на территории Беларуси (рис. 8) увязывается, как отмечалось, с турбулентным потоком приземной атмосферы. Максимальные отклонения (0,6–1,6 °С) приурочены к Лидской, Полоц-

кой, Центрально-Березинской, Оршанско-Могилевской равнинам, Гомельскому Полесью. Наибольшие отклонения минимальных температур воздуха от поверхности тренда наблюдаются по линии: Брест, Пружаны, Ганцевичи, Столбцы, Марына Горка, Борисов, Славное, Лынтупы, что увязывается с водоразделом Черного и Балтийского морей. Максимальные отклонения температур здесь достигают до $-3,8^{\circ}\text{C}$ в ядрах районов: Пружаны – Волковыск – Ивацевичи; Славное – Борисов – Березино. Информация, представленная на рис. 8 и 9, достаточно хорошо согласуется с особенностями пространственного распределения на территории Беларуси повторяемостей экстремально высоких и низких температур воздуха.

Заключение. При окончательном картировании ОМЯ в систему уравнений (6) и (7) вводятся дополнительные переменные, учитывающие трендовую составляющую в пределах локальной поверхности. Выражения тренда связаны географическими координатами контрольных точек и точек, в которых проводится оценка. Оцениваемые точки расположены в узлах прямоугольной сетки, задаваемой, по мере необходимости, с определенным шагом. Скорректированные уравнения (6) и (7) позволяют одновременно оценивать как трендовую компоненту, так и регионализованную переменную. Однако, при оценке значений в узловой точке необходимо использовать большее количество контрольных точек, в отличие от случая со стационарными переменными, что обеспечивает дополнительные степени свободы при оценке коэффициентов крайгинга. В противном случае, процесс крайгинга приводит к одинаковым оценкам, как для тренда, так и для самой стационарной поверхности.

Анализ поверхностей тренда позволяет выделить глобальные, региональные и локальные составляющие в распределении на территории Беларуси ОМЯ. В выделенных нами районах должны предусматриваться первоочередные комплексные защитные мероприятия, исключающие и снижающие негативное воздействие опасных метеорологических явлений на экономику и окружающую среду Беларуси.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Климат Беларуси / В.Ф. Логинов [и др.]; НАН Беларуси, Ин-т геол. наук; под общ. ред. В.Ф. Логинова. – Минск, 1996. – 235 с.
2. Стихийные гидрометеорологические явления на территории Беларуси: Справочник / Под ред. М.А. Гольберга. – Минск: Белорусский научно-исследовательский центр Экология, 2002. – 132 с.
3. Дэвис, Дж. С. Статистический анализ данных в геологии / Дж. С. Дэвис; под ред. Д.А. Родионова. – Москва: Недра, 1990. – Кн. 2. – 427 с.

Материал поступил в редакцию 27.03.12

VALUYEV V.E., VOLCSEK A.A., MESHK O.P., SHPOKA I.N. Specifics of spatial distribution to territories of Belarus of the dangerous meteorological phenomena in a context of the analysis of surfaces of a trend

The spatial distribution of the dangerous meteorologic phenomens on territory of Republic Belarus is estimated. The trend analysis of the dangerous meteorologic phenomens is executed. For mapping the information is advised Kriging.

УДК 553.97

Глушко К.А., Водчиц Н.Н., Стельмашук С.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ В ПОЧВЕ ПРИ ЕЕ ПРОМЕРЗАНИИ

Ведение. Водный и тепловой режим почв в период весеннего половодья определяет фильтрационные процессы, протекающие в ней. Он формируется в течение зимнего периода и во многом зависит от климатических и гидрологических условий региона. Знание физико-химических процессов, происходящих в почве при ее промерзании, позволяет разработать комплекс инженерных мероприятий по предотвращению подтопления территорий, вымочек сельскохозяйственных культур.

Мерзлой называют почву, имеющую отрицательную температуру [47], и содержащую в своем составе воду полностью или частично в замерзшем состоянии. Особенностью мерзлой почвы является то, что вода в ней находится в трех агрегатных состояниях: в виде льда, пара и незамерзшей воды. Не вдаваясь в детали молекулярно-кинетической теории, необходимо отметить, что незамерзшая вода в мерзлой почве представляет собой часть связанной воды [51]. Количество ее зависит от отрицательной температуры; количество ее уменьшается, как будет показано в последующем, с понижением температуры и увеличивается с повышением. Таким образом, между льдом, почвой и незамерзшей влагой наблюдается постоянно динамическое равновесие. Справедливость этого утверждения подтверждена лабораторными калориметрическими исследованиями З.А. Нересовой [2, 34, 35], а для тонкодисперсных пород А.А. Ананяном [1, 2, 3]. Установлено [1–3, 12, 34, 35], что замерзание воды происходит при определенном диапазоне температур; сначала замерзает свободная, затем рыхлосвязанная, а при достаточно низкой температуре – прочносвязанная.

Н.А. Цытович [50] выделяет три температурные области фазовых переходов воды в лед в мерзлых почвах:

1) область значительных фазовых превращений, где изменение

количества незамерзшей воды на 1°C составляет более 1%,

2) область переходную, где изменение содержания незамерзшей воды на 1° С колеблется в пределах 0,1–1%

3) область практически замерзшего состояния, где фазовые превращения воды на 1°C не превышают 0,1%.

В настоящее время накоплен значительный экспериментальный материал по содержанию и изменению количества незамерзшей воды в торфе [13, 22, 27]. Характер изменения в нем незамерзшей воды подчиняется общим закономерностям, выдвинутым Н.А.Цытовичем. Отмечается, что и в торфе при сравнении количества незамерзшей воды в циклах промерзания и оттаивания наблюдается гистерезис [52]. Установлено, что количество незамерзшей воды в цикле промерзания меньше, чем в цикле оттаивания. Б.А.Савельев [44] связывает это с влиянием менисковых сил.

На количество незамерзшей влаги в торфе практически не оказывает состояние его влажности и дисперсности, что нельзя сказать о степени разложения; увеличение количества незамерзшей влаги растет со степенью разложения, но незначительно и соизмеримо с ошибкой опыта [40].

Опыты по исследованию количества незамерзшей влаги от степени минерализации торфа показали, что количество незамерзшей воды в органогенных грунтах определяется в основном наличием в них органической составляющей и ... тем выше, чем больше в них органической составляющей [11, 34].

Еще Н.А. Цытовичем [50] отмечалось расхождение в содержании незамерзшей воды, в частности в глине, в зависимости от давления. В работах [48], отмечается снижение границы порогового значения соответствующего фазовому переходу воды в лед с увеличением давления.

Содержание и состав водно-растворимых соединений суще-

Глушко Константин Александрович, к.т.н., доцент кафедры сельскохозяйственных гидротехнических мелиораций Брестского государственного технического университета.

Водчиц Николай Николаевич, к.т.н., доцент, зав. кафедрой сельскохозяйственных гидротехнических мелиораций Брестского государственного технического университета.

Стельмашук Степан Степанович, к.т.н., доцент кафедры сельскохозяйственных гидротехнических мелиораций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.