

УДК 551.58.57 (476)

**Валуев В.Е.<sup>1</sup>, Волчек А.А.<sup>1</sup>, Мешик О.П.<sup>1</sup>, Шпока И.Н.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

<sup>2</sup> УО «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», г. Брест

## **ОПЫТ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ**

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

В настоящей работе освещается опыт картографирования на территории Беларуси максимальных суточных величин атмосферных осадков, максимальных и минимальных температур воздуха, относящихся к опасным метеорологическим явлениям (ОМЯ). 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 скоррелированы. Так как картируемая переменная положительно автокоррелирована на малых расстояниях, между точками можно построить непрерывную поверхность. При картографировании ОМЯ на территории Беларуси использована выборка репрезентативных экспериментальных метеоданных по 50 эмпирическим точкам [1]. 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 [2], который отличают оптимальные статистические свойства. 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 средневзвешенное из наблюдаемых, т. е. при ограниченном множестве близлежащих контрольных точек. 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.

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 рассеиванием относительно их истинных значений.

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

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

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

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

$$\hat{X}_{\text{ОМЯ},m} = W_1X_{\text{ОМЯ},1} + W_2X_{\text{ОМЯ},2} + W_3X_{\text{ОМЯ},3} \quad (2)$$

Оценка дисперсии имеет вид

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

Дисперсия оценки является взвешенной суммой полудисперсий для расстояний до точек, использованных в оценивании, и переменной ( $\lambda$ ). На рис. 1 – 3 представлены построенные карты пространственного распределения ОМЯ на территории Беларуси. С целью исключения случайной составляющей, выполнено осреднение исходных данных по трем последовательным предельным значениям элементов.

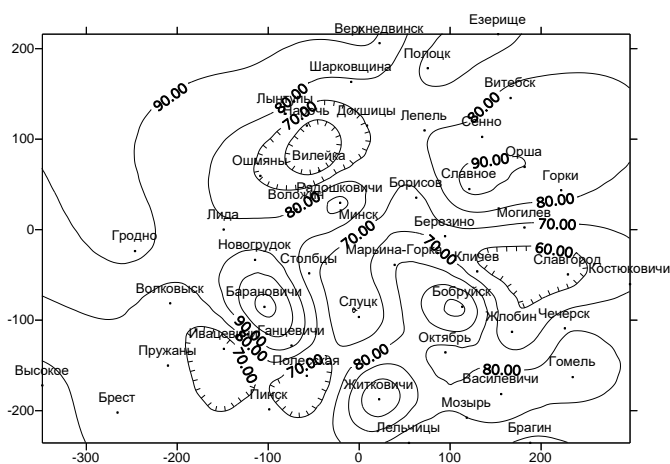


Рисунок 1 – Максимальные осредненные суточные суммы атмосферных осадков на территории Беларуси, мм

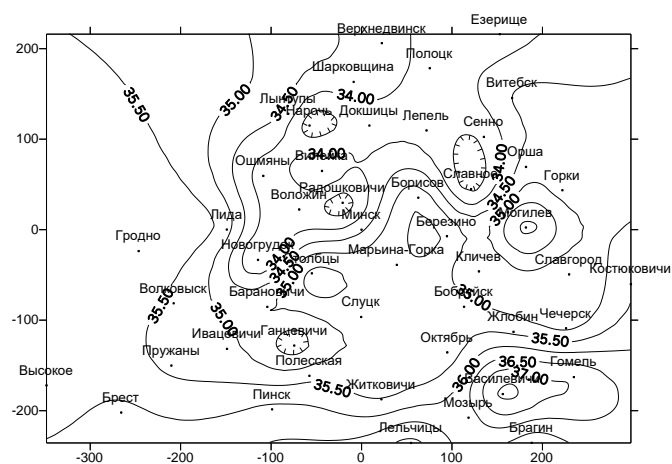
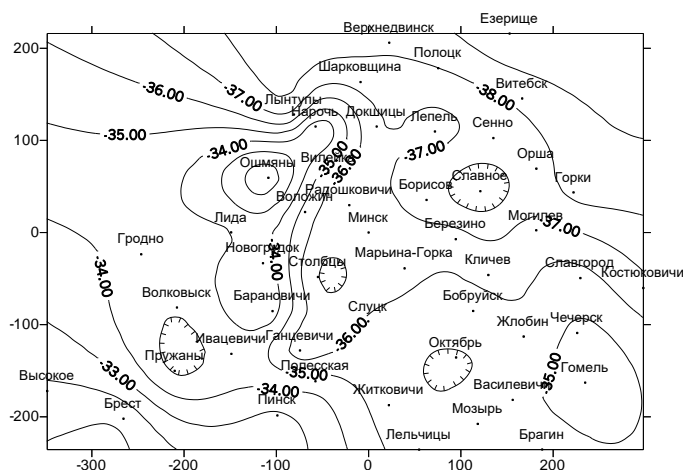


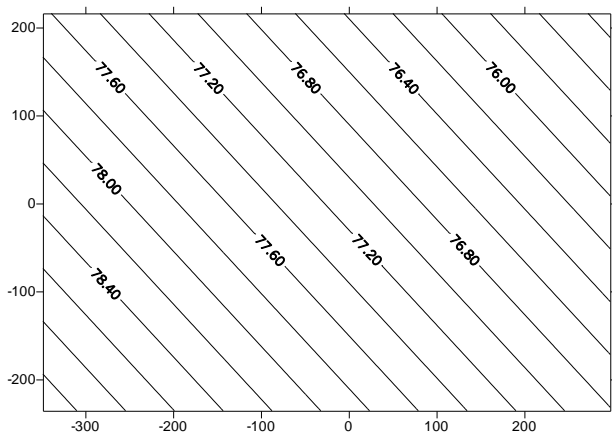
Рисунок 2 – Максимальная осредненная температура воздуха на территории Беларуси, °С



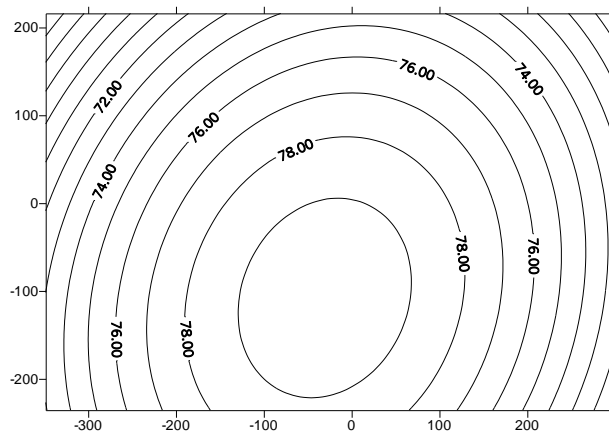
*Рисунок 3 – Минимальная осредненная температура воздуха на территории Беларуси, °С*

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 регионализированная переменная рассматривается как состоящая из двух компонент. Тренд представляет собой среднее или ожидаемое значение регионализированной переменной в пределах района и медленно изменяется, характеризуя нестационарную часть поверхности. Остаток является разностью между действительными изменениями и трендом. Если из регионализированной нестационарной переменной устранить тренд, то остатки станут стационарными, и к ним можно применить крайгинг. В этом случае, крайгинг состоит из следующих процедур: 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.

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. Полиномиальные поверхности тренда (рис. 4 – 6 б) отражают региональные особенности распределения ОМЯ на территории Беларуси, прежде всего, рельефные факторы. 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 ОМЯ 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, в целом. Положительные разности (рис. 7 – 9), в основном, присущи районам с наибольшей повторяемостью исследуемых ОМЯ.

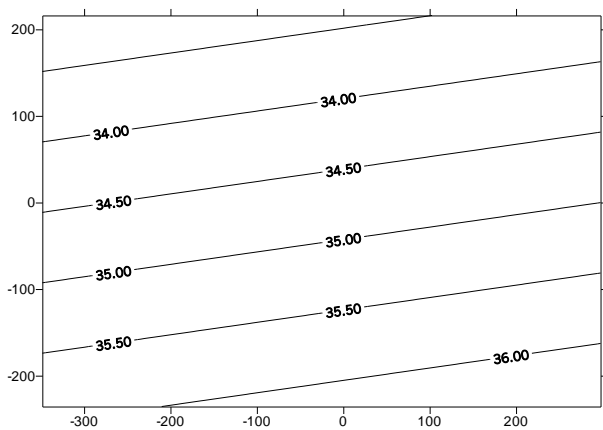


а)

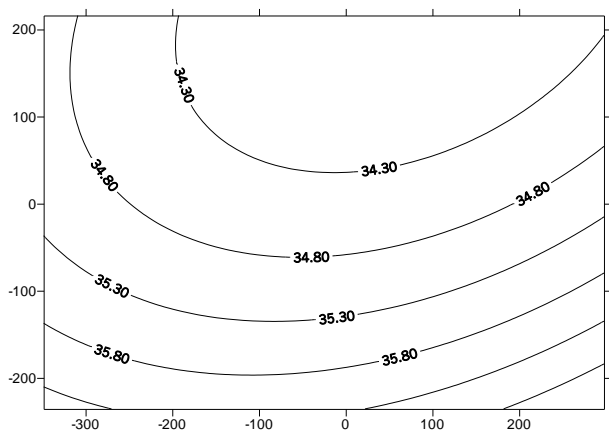


б)

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

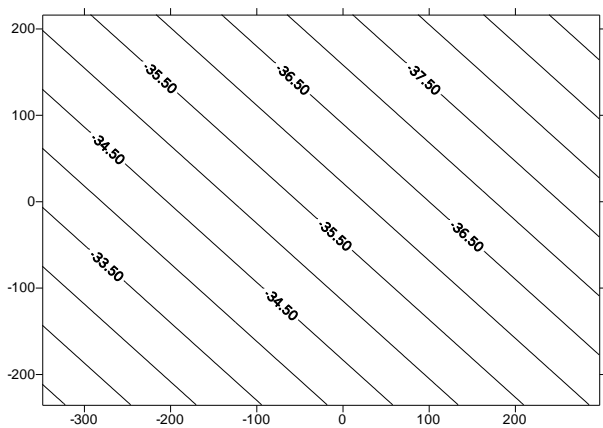


а)

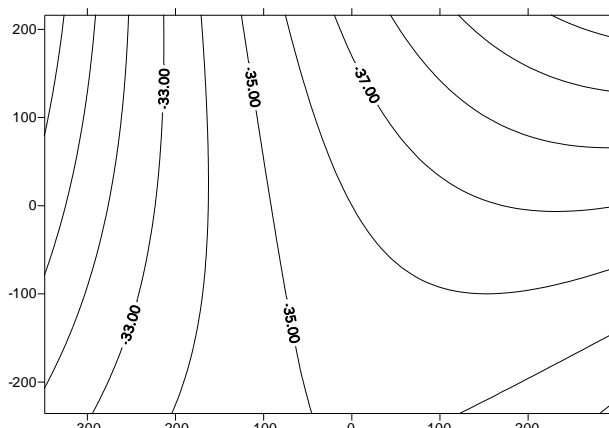


б)

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



а)



б)

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

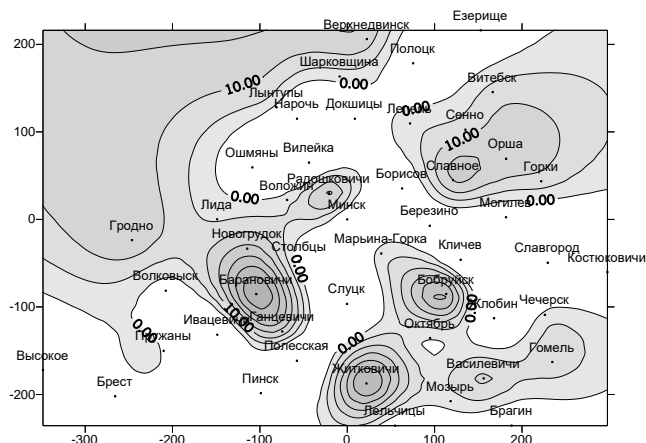


Рисунок 7 – Карта разности максимальных осредненных суточных сумм атмосферных осадков (рис. 1) и линейной поверхности тренда (рис. 4 а), мм

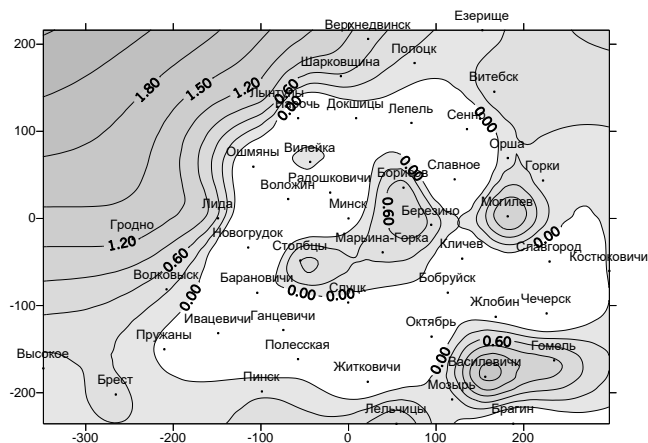


Рисунок 8 – Карта разности максимальной осредненной температуры воздуха (рис. 2) и линейной поверхности тренда (рис. 5 а), °С

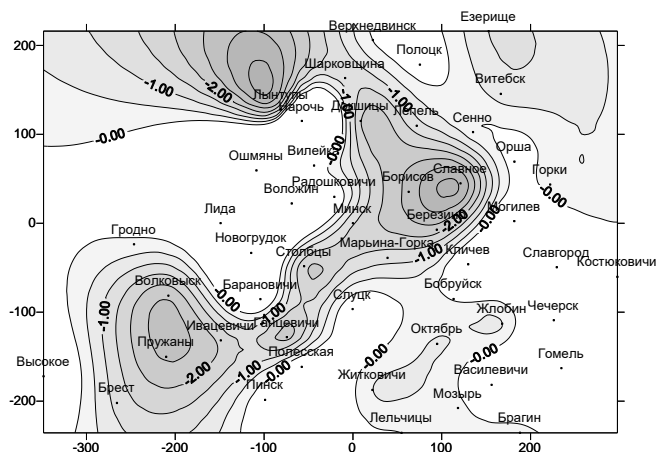


Рисунок 9 – Карта разности минимальной осредненной температуры воздуха (рис. 3) и линейной поверхности тренда (рис. 6 а), °С

При окончательном картировании ОМЯ в систему уравнений (1) 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. Скорректированное уравнение (1) позволяет одновременно оценивать как трендовую компоненту, так и регионализированную 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 ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стихийные гидрометеорологические явления на территории Беларуси: Справочник / Под ред. М.А. Гольберга. – Минск: Белорусский научно-исследовательский центр Экология, 2002. – 132 с.

2. Дэвис, Дж. С. Статистический анализ данных в геологии / Дж. С. Дэвис; под ред. Д.А. Родионова. – Москва: Недра, 1990. – Кн. 2. – 427 с.