

2. Валуев В.Е., Волчек А.А., Мешик О.П., Цилиндь В.Ю. Исследование и моделирование процесса формирования атмосферных осадков на территории Беларуси. - Деп. в ин-те "Белинформпрогноз" 12.12.1995 г., №Д199560.-62с.

3. Валуев В.Е., Волчек А.А., Мешик О.П., Цилиндь В.Ю. К вопросу установления границ природоохраняемых зон производственных комплексов // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии.- Гродно: 1995.- Ч.1.- С.327-334.

4. П.В.Шведовский, В.Е.Валуев, А.А.Волчек, В.Г.Федоров, О.П.Мешик. Эколого-социальные аспекты освоения водно-земельных ресурсов и технологий управления режимами гидромелиораций.- Мн.: Ураджай, 1998.-363с.

## **ОПЫТ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕЛАРУСИ**

**В.Е. Валуев, А.А. Волчек, О.П. Мешик**

Политехнический институт  
Брест, Республика Беларусь

*В работе излагаются результаты картографирования комплекса физико-географических характеристик, используемых при разработке рациональных мероприятий в области природопользования, даются рекомендации по совершенствованию самих методов картографирования для прикладных целей.*

**КАРТОГРАФИРОВАНИЕ, ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ, ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОПЫТ, НЕОБХОДИМОСТЬ, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ, МЕТОДЫ**

Картографирование эффективно используется при исследовании природно-агромелиоративных систем. Системный подход в сочетании с картографированием разнообразных физико-географических характеристик открывают широкие возможности исследователям и практикам, решающим проблемы рационального природопользования. В настоящее время имеет хождение множество карт, отражающих состояние природных ресурсов для различных временных срезов и территорий, в интегральном или ином видах, однако, практиков, как правило, интересует вопрос надежности информации, представленной на соответствующих картах.

На большинстве карт даются физико-географические характеристики, представляющие собой непрерывные функции, выведенные по результатам наблюдений в дискретных контрольных точках. В качестве таких точек мо-

гут выступать метеопункты, где ведутся наблюдения за картографируемыми характеристиками. По ряду характеристик, таких как радиационный баланс, турбулентный поток приземной атмосферы и др. имеется лишь несколько точек наблюдений на территории Беларуси. В этих случаях, качество географических карт всецело зависит от субъективных оценок исследователя. Следовательно, на первый план выступает проблема рационального распределения точек наблюдений по исследуемой территории. Другой проблемой является оценка влияния пространственного распределения опытных точек на качество карты рассматриваемой характеристики. Очевидно, что карта будет наиболее точной при репрезентативном расположении точек с информацией. Подобная схема расположения опорной сети позволяет проанализировать надежность построения соответствующей карты различными способами, в том числе выполнить анализ поверхностей тренда.

Рассмотрим методику построения карты на примере атмосферных осадков на территории Беларуси в средний многолетний год. Существующие карты изогий атмосферных осадков, либо изначально неточны, либо излишне генерализованы, что, безусловно, отражается на качестве передаваемой информации. Приведенная в работе [1] карта атмосферных осадков (для среднего годового периода), на наш взгляд, неинформативна. Так, использованный шаг построения изогий осадков (50 мм) делает их величины близкими к 650 мм (около 60 процентов территории Беларуси), в связи с чем упущена пространственная изменчивость важнейшего показателя естественных водосборов.

Оптимальное количество опорных точек должно обосновываться особо для каждой картографируемой характеристики. В случае недостатка точек опорной сети, в обобщениях необходимо учитывать факторы климатообразования и косвенные физико-географические признаки, путем введения функции распределения исследуемой характеристики

$$M_{ij}=f(\varphi_j, \lambda_j, H_j), \quad (1)$$

где  $M_{ij}$  - величина физико-географической характеристики в (j) - точке, за (i) - период;  $\varphi_j, \lambda_j$  - соответственно, географическая широта и долгота метеопункта;  $H_j$  - абсолютная отметка высоты точки.

Оптимизация контрольных точек основана на минимизации ошибок, получаемых в результате построения тех или иных карт. Карта, построенная при недостатке данных, дает лишь обобщенное изображение изолиний. Для построения изогий атмосферных осадков использованы 124 точки наблюдений (N), наиболее надежные как источники информации, распределенные



$$\chi^2 = \sum_{s=1}^n \frac{(N_s - X)^2}{X} \quad (2)$$

где  $N_s$  - имеющееся число точек в (s) - области.

В таблице 1 представлены результаты расчетов  $\chi^2$  по выделенным областям.

Таблица 1 К определению критерия  $\chi^2$

Номер области	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	$\Sigma$
$N_s$ , штук	6	9	6	11	10	2	11	14	13	7	10	10	11	4	124
$\chi^2$	1,00	0,00	1,00	0,44	0,11	5,44	0,44	2,78	1,78	0,44	0,11	0,11	0,44	2,78	16,87

При числе степеней свободы ( $\nu=n-2$ ), равном 12, для 5% - го уровня значимости, критическое значение статистики  $\chi_{кр}^2$  равно 21,03 (больше полученного  $\chi^2=16,87$ , таблица 1). В этом случае, можно говорить о незначительном отклонении распределения выбранных точек от равномерного.

Построение изогий атмосферных осадков можно осуществлять вручную, используя, при этом, традиционный метод триангуляции. Однако, предпочтение следует отдавать более интенсивным и объективным способам и технологиям, базирующимся на использовании ПЭВМ. При этом, кроме исключения субъективности исследователя, можно осуществлять картографирование различных отклонений, проводить ретроспективное сравнение картированной информации. Особенно актуально последнее. Скажем, выявить антропогенное влияние на структуру и динамику выпадения на исследуемую территорию атмосферных осадков в результате проведения крупномасштабных мелиоративных работ в Полесье. Для построения карты на ПЭВМ требуется подготовленная математическая поверхность, разбитая на квадратные ячейки, полностью перекрывающие картируемую площадь. Чем меньше будет ячейка, тем выше получится разрешающая способность карты.

Задача подготовки поверхности сводится к определению значений исследуемой физико-географической характеристики в узлах принятой сетки по данным близлежащих контрольных точек. При этом, могут использоваться различные методы. На рисунке 2 приведены изогеты атмосферных осадков на территории Беларуси в средний многолетний год, построенные различными методами. Причем, интерполяция осадков по контрольным

точкам различными методами, в итоге, дает неодинаковые результаты (здесь и далее величины атмосферных осадков даются в мм слоя воды).

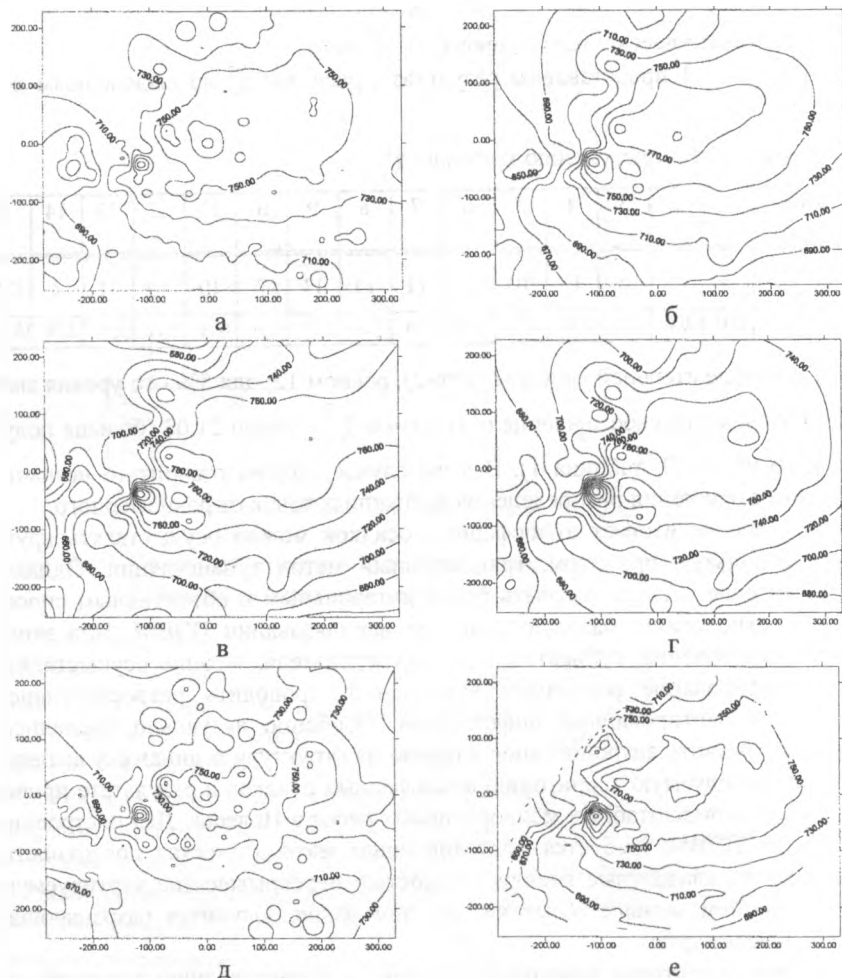


Рисунок 2 Изогеты атмосферных осадков на территории Беларуси в средний многолетний год, полученные различными методами: а-обратного расстояния; б-крайгинга; в-минимального искривления; г-радиальных базисных функций; д-Шепарда; е-триангуляции.

В основу *метода обратных расстояний* положено условие, что контрольные точки, используемые при оценке значений в узлах сети сами по себе являются взвешенными. Веса изменяются в соответствии с расстояниями между оцениваемыми узлами сети и контрольными точками по функциям обратных степеней расстояний. Сумма весов должна равняться единице. Данный метод рекомендуется к использованию как достаточно точный, оперативный при количестве контрольных точек не более 500 и равномерном их расположении по территории.

*Крайгинг* позволяет проводить изолинии по нерегулярно распределенным данным, он относится к группе наиболее точных методов. При реализации этого метода, используется информация из полувариограммы для нахождения оптимального множества весов, свойственных поверхности в узлах сети. Полувариограмма является функцией расстояния, поэтому веса изменяются в соответствии с географическими координатами контрольных точек.

*Метод минимального искривления* генерирует поверхность как наиболее гладкую, что приводит к снижению точности картируемых характеристик. Он достаточно производителен и рекомендуется для интерполяции данных, имеющих небольшие амплитуды пространственно-временных колебаний.

*Радиальные базисные функции* - метод, подобен крайгингу и предпочтителен в условиях нерегулярной опорной сети. Для большинства картографируемых физико-географических характеристик он является лучшим методом, так как позволяет оптимизировать весовые функции при интерполяции данных в узлах сетки.

*Метод Шепарда* подобен методу обратных расстояний, но предъявляет повышенные требования к равномерности распределения по территории контрольных точек. В противном случае, создается множество сгенерированных контуров (рисунок 2д).

В *методе триангуляции* используется принцип подготовки поверхности в виде треугольников с вершинами в заданных контрольных точках. Данный метод эффективен когда сами контрольные точки распределены равномерно и приурочены к узлам сетки. В случае, когда данные содержат разреженные области, изолинии представляются большими изломами, что характерно для рисунка 2е.

При построении изогийет атмосферных осадков на территории Беларуси предпочтение следует отдавать методу радиальных базисных функций, как наиболее точному, позволяющему интерполировать физико-географические характеристики в условиях неравномерной опорной сети.

Подготовка поверхности и само построение карты реализуется программой SURFER (Win 32) Version 6.04. Результаты построения изогийт среднемноголетних величин атмосферных осадков приведены на рисунке 3.

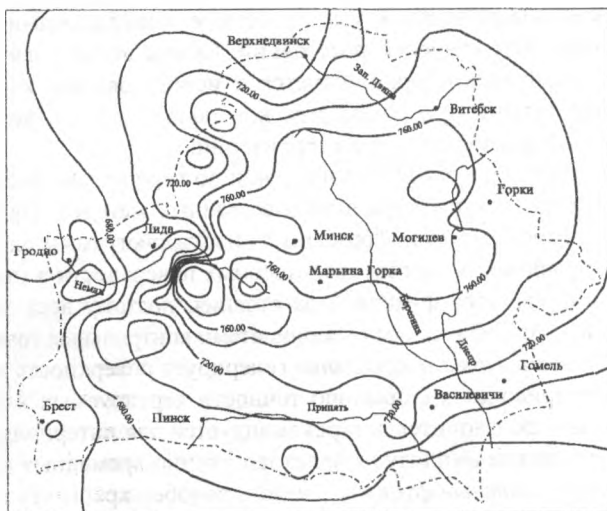


Рисунок 3 Изогиты атмосферных осадков на территории Беларуси в средний многолетний год.

С целью выявления в структуре атмосферных осадков глобальной, региональной и локальной составляющих, нами выполнен анализ поверхностей тренда. Тренд представляет собой плоскость, описанную аппроксимирующей функцией. Линейная поверхность тренда, представленная на рисунке 4а, отражает *глобальную (фоновую)* компоненту распределения атмосферных осадков по территории Беларуси и, в целом, по континенту, определяемую глобальными влагопереносами, иначе - географической широтой и долготой местности. Имеет место увеличение годовых величин осадков с юго-запада на северо-восток Беларуси. На рисунке 4б показана поверхность тренда, описанная полиномом второй степени. Данная поверхность дает представление о *региональной составляющей осадков* исследуемой территории.

Как видно из рисунка 4б, большее количество атмосферных осадков формируется в центральной части территории Беларуси. Здесь существенен вклад в величины атмосферных осадков высоты местности как регионального фактора (Минская, Новоградская возвышенности).

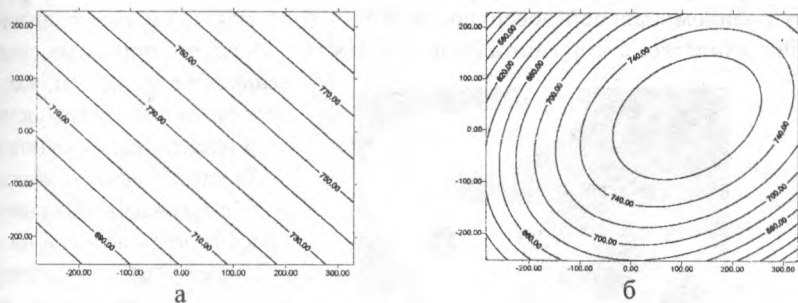


Рисунок 4 Поверхности тренда атмосферных осадков на территории Беларуси для среднего многолетнего годового периода: а-линейная; б-полиномиальная.

Более наглядно выявить региональную составляющую позволяет сравнительный анализ хода изогнет величин атмосферных осадков и линейной поверхности тренда (рисунки 3, 4а). На рисунке 5 картированы выявленные расхождения в величинах атмосферных осадков. Для дальнейшего анализа приводим карту рельефа Беларуси (рисунок 6).

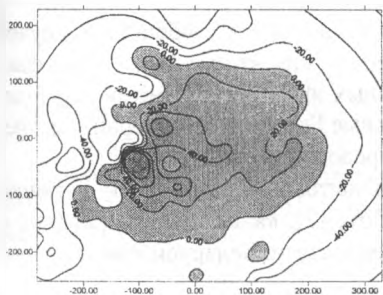


Рисунок 5 Карта разностей величин атмосферных осадков (рисунок 3) и линейной поверхности тренда (рисунок 4а) в средний многолетний год (вклад региональных факторов).

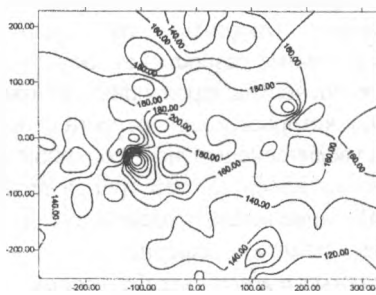


Рисунок 6 Карта рельефа местности Беларуси.

Согласно рисунку 5, заштрихованные области представляют собой положительные разности, наглядно характеризующие вклад региональной составляющей в формирование и распределение атмосферных осадков по исследуемой территории (охваченной инструментальными наблюдениями).



Ядро карты разностей атмосферных осадков, как видно, близко по форме к ядру полиномиальной поверхности тренда (рисунок 4б) и имеет по очертанию сходство с горизонталями местности, особенно при разностях в осадках более 40 мм, т.е. их очертания и возвышенностей идентичны (рисунок 6).

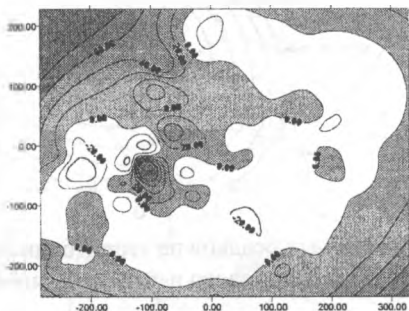


Рисунок 7 Карта разностей величин атмосферных осадков (рисунок 3) и полиномиальной поверхности тренда (рисунок 4б) в средний многолетний год (вклад местных факторов).

Оценка *местных факторов* в режиме выпадения атмосферных осадков на локальные участки исследуемой территории нами осуществляется по разности изогий атмосферных осадков (рисунок 3) и полиномиальной поверхности тренда (рисунок 4б). Результаты исследования приведены на рисунке 7, где штриховкой показаны положительные

разности в величинах атмосферных осадков.

Следует отметить, что наибольший вклад в общий недоучет (положительные разности) атмосферных осадков вносят именно местные факторы, особенно на территориях, не охваченных инструментальными наблюдениями, к которым можно отнести сопредельные Беларуси территории, где требуется увеличение плотности опорной метеорологической сети.

Анализ поверхностей тренда позволил наглядно подтвердить, установленный ранее аналитическим путем, в работе [2], вклад в формирование и распределение атмосферных осадков по территории Беларуси *фоновых, региональных и местных факторов*.

При картографировании физико-географических характеристик и, прежде всего, величин атмосферных осадков, помимо всего прочего, необходимо учитывать влияние орографической тени.

В средний многолетний год на территории Беларуси преобладает юго-западное - северо-восточное и западно - восточное направление влагопереноса в атмосфере. В связи с этим, нами установлено качественное влияние орографии местности на режим выпадения осадков (рисунок 8), т.е. выявлено существенное снижение сумм атмосферных осадков в средний многолетний год на подветренных склонах (рисунок 8, темные зоны).

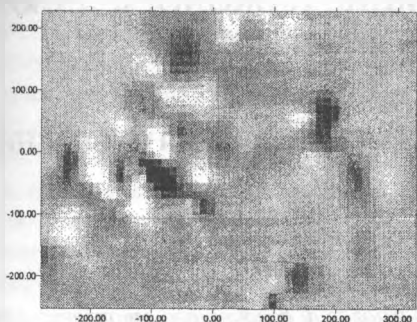


Рисунок 8 Влияние орографических факторов распределения атмосферных осадков по территории Беларуси (орографическая тень представлена темными зонами).

В заключение необходимо отметить, что при углублении исследований природно - агро-мелиоративных систем, необходимо опережающими темпами развивать прикладные методы изучения, интерпретации и пространственно-временного обобщения комплекса физико-географических характеристик и показателей - стержневых факторов большинства расчетных методов и рабочих методик. Особенно это касается методов картографирования, ибо карта способна нести все возрастающий комплекс информа-

ции, более надежной и доступной специалистам, решающим проблемы рационального природопользования и охраны окружающей Среды.

#### Литература

1. Климат Беларуси / Под ред. В.Ф.Логинова.-Мн.: Институт геологических наук АН Беларуси, 1996.-235с.
2. Валуев В.Е., Волчек А.А., Мешик О.П., Цилиндь В.Ю. Исследование и моделирование процесса формирования атмосферных осадков на территории Беларуси. - Деп. в ин-те "Белинформпрогноз" 12.12.1995 г., №Д199560.-62с.