

ganisation» of the point, linear and areal elements, which means their strict definition (formalisation), systematisation, indexation and unified presentation at morphological map; 3) synthetic studies of the Earth surface composition and structure together with dynamical interpretation of the morphological pattern and delineation of geosystems.

УДК 551.4 : 528.067.4

ЧЕРВЯКОВ В. А.

КОНЦЕПЦИЯ ПОЛЯ В ПРИЛОЖЕНИИ К МОРФОМЕТРИЧЕСКИМ КАРТАМ

Представление о поле как о территории или ареале с непрерывным распределением какого-либо количественного признака получило признание у многих географов. Оно способствовало значительному расширению области изолинейного картографирования. С помощью изолиний целесообразно показывать размещение не только геофизических величин или высот рельефа земной поверхности, но и таких, казалось бы, явно дискретных явлений, как природные ресурсы, население, сельскохозяйственное производство и т. д. [1—3 и др.].

В настоящей статье мы покажем, как концепция поля способствует развитию методических основ создания морфометрических карт с учетом новых технических возможностей картографирования. Напомним, что морфометрические карты показывают распределение различных морфометрических характеристик рельефа земной поверхности. Их пользу для науки и практики трудно переоценить. По морфометрическим картам изучают геоморфологические, климатические и гидрологические процессы. Они применяются и в прикладных целях: для проектирования дорог, при разработке ирригационных и противоэрозионных мероприятий, решении проблем рационального природопользования, охраны природы и т. д. Ценность морфометрических карт подтверждается и тем, что они, как правило, включаются в комплексные атласы.

Общее признание получило отображение трех морфометрических характеристик: горизонтального, вертикального расчленения рельефа и крутизны склонов. Первый показатель чаще всего представляет отношение длины эрозионной сети к площади ($\text{км}/\text{км}^2$), второй — амплитуду колебания высот в пределах заданной территориальной единицы (м), а третий — угол наклона (градусы) или уклон (тангенс угла наклона) поверхности. Все три показателя взаимосвязаны между собой, так как их получают в результате комбинирования высотных, линейных и площадных измерений, выполняемых по крупномасштабным топографическим и обзорно-топографическим картам, аэро- и космическим снимкам. Вместе с тем даже при таком ограниченном наборе морфометрических карт отсутствует единство методических основ их создания и оформления. Это затрудняет сопряженный картографический анализ изучаемых явлений, ограничивает возможности использования новых средств механизации и автоматизации картографического производства.

Можно выделить два основных методических подхода к созданию морфометрических карт: дискретный и непрерывный. Первый ориентирован на использование картограммного способа изображения, второй — изолинейного. Судя по историческим справкам, представленным в работах А. И. Спиридонова [4, 5] и А. Г. Исаченко [6], вначале предпочтение отдавалось картограммам морфометрических показателей. Объяснить это можно тем, что большинство показателей (например густота речной сети, средние углы наклона, амплитуды высот) измеряются не в точках, а на площадях по отдельным заранее выделен-

ным территориальным ячейкам: квадратам и реже трапециям, ограниченными линиями параллелей и меридианов. Главный недостаток этих «формализованных» картограмм А. И. Спиридонов [4] видит в том, что ячейки (например квадраты) располагаются по отношению к рельефу совершенно случайно. Кроме того, создается видимость резкого изменения картографируемых показателей на границах между смежными квадратами [7]. Первый из отмеченных недостатков можно устранить, если в качестве ячеек картограммы брать естественные орографические единицы [6]. Именно такой подход к составлению морфометрических карт рекомендует Е. М. Николаевская [8], причем границы единиц картографирования приходится устанавливать для каждого показателя отдельно, посредством предварительного визуального обследования изучаемой территории по исходным картографическим материалам. Такая методическая установка, с одной стороны, повышает географическую достоверность картографического изображения, но с другой — затрудняет сопоставление различных морфометрических карт из-за несопадения на них границ выделов.

Отмеченный недостаток часто пытаются устранить привязкой всех морфометрических показателей к одной и той же сети реально существующих территориальных выделов, например к бассейнам рек, однородным ландшафтам, единицам хозяйственного и административного деления. Следует отметить, что эти выделы могут не в меньшей степени исказить закономерности территориального распределения морфометрических показателей, чем квадратные ячейки.

Для всех рассмотренных видов картограмм характерна скачкообразность распределения морфометрических признаков, что следует из самого существа данного способа изображения. Лишь изолинии способны передать плавность, постепенность пространственного изменения морфометрических показателей. Изолинии уже давно привлекали внимание специалистов в области морфометрического картографирования. Так, А. И. Спиридонов [4, 5] и В. П. Философов [9] отметили повышенную выразительность изолинейного способа изображения по сравнению с картограммами и особенно с картограммами по сетке квадратов, искусственно дробящими изучаемую территорию на несуществующие ячейки. Наиболее простой и распространенный способ составления изолинейных морфометрических карт предполагает предварительное отнесение показателей, вычисленных по квадратам, к их центрам и последующее проведение изолиний с помощью обычной картографической интерполяции. А. И. Спиридонов [5] справедливо считает, что достоверность изолинейных морфометрических карт повысится, если применить способ скользящего (перекрывающегося) окна — квадрата, а еще лучше — круга. К сторонникам скользящих окон относится и А. М. Берлянт, предложивший оригинальный прием создания морфометрических карт с помощью перекрывающихся шестиугольников [10]. При перекрытии квадратов, шестиугольников и кругов увеличивается густота контрольных точек, что повышает точность проведения изолиний, но одновременно возрастает объем вычислений. Поэтому для составления изолинейных морфометрических карт все чаще привлекаются ЭВМ [11, 12].

Несмотря на успешное внедрение изолиний в морфометрическое картографирование, иногда возникает сомнение в правомерности этого способа изображения. Например, А. Г. Исаченко [6] советует использовать изолинии только в том случае, когда морфометрические показатели определяются в точках, но не на площадях. Такая, не лишняя основания теоретическая установка открывает «зеленую улицу» картограммам и серьезно ограничивает изолинейное картографирование морфометрических показателей, так как большинство из них вычисляют именно по территориальным ячейкам. Вместе с тем, как уже отмечалось выше, практика современного морфометрического картографирования свидетельствует о возможности и даже целесообразности построения изолиний любых морфометрических показателей вне зависи-

мости от характера их пространственной локализации. Попытаемся доказать этот тезис, основываясь на концепции поля.

Изолинейные поля предполагают непрерывность распределения количественных признаков явлений, а это в свою очередь означает: 1) числовые значения картографируемых признаков можно определить в любых точках изучаемой территории; 2) они должны изменяться по территории плавно, без резких скачков и перепадов; 3) показатель в точке должен определяться однозначно [13]. Эти три условия изолиний в полной мере наблюдаются при составлении карт крутизны склонов. Средние же углы наклона и средние уклоны, а также все показатели горизонтального и вертикального расчленения рельефа можно определить в контрольных точках лишь условно, совмещая с ними центр ячейки (окна) заданной формы и размера. Тогда полностью выполняются первые два условия изолинейного картографирования. Действительно, во-первых, представляется возможность измерять морфометрические показатели в любой точке картографируемой территории, а во-вторых, обеспечивается плавность изменения величин от одной точки к другой. Строгое выполнение третьего условия — однозначности — обязательно требует установления круглой формы ячейки. При любой другой фигуре величина морфометрического показателя зависит от ориентировки ячейки, т. е. от ее разворота вокруг геометрического центра. Чем больше углов в ячейке правильной геометрической формы, тем более однозначно определяются величины морфометрических показателей в контрольных точках. Отсюда шестиугольник оказывается лучше квадрата, а квадрат имеет преимущество перед равносторонним треугольником.

Система приемов построения изолинейных карт с помощью круглой ячейки названа нами методом скользящего кружка [1]. По этому методу составлены карты таких морфометрических показателей, как плотность и густота оврагов [14], густота речной сети и заболоченность территории [15], крутизна склонов [16] и др. Точечные измерения величин дают дополнительное преимущество, заключающееся в возможности составления морфометрических карт по разномасштабным картографическим и аэросъемочным материалам — по отдельным листам топографических карт или по аэроснимкам полностью или с перекрытиями, покрывающими площадь изучаемой территории [17].

Экспериментальные исследования точности и детальности карт поля плотности [1] показали, что на точность изолиний в большей степени влияет не форма ячейки, а густота контрольных точек. Резко повышается точность изолинейных карт при половинном перекрытии ячеек. Детальность же картографического изображения зависит прежде всего от размеров ячейки. Заметно повышает детальность также и сгущение сети контрольных точек, позволяющее уловить все максимумы и минимумы поля морфометрических показателей.

Рассмотрим две технологические схемы составления серий морфометрических карт крутизны склонов, горизонтального и вертикального расчленения. Обе схемы разработаны с учетом взаимосвязанности и взаимодополняемости морфометрических характеристик. Они предполагают выполнение расчетов по данным, снятым с исходных карт при помощи сетки мелких квадратов.

Схема 1. На исходной карте отмечаются точки пересечения линий сетки с эрозионной сетью и горизонталями. На контрольную точку накладывается своим центром палетка-кружок с радиусом R . В пределах площади кружка подсчитывается количество (n) точек пересечения линий сетки с эрозионной сетью и вычисляется показатель горизонтального расчленения рельефа (P) [1]:

$$P = \pi dn / 4S, \quad (1)$$

где $\pi = 3,14$; d — сторона квадрата сетки и S — площадь кружка в натуре. Ввиду того что $S = \pi R^2$, формула (1) принимает вид

$$P = dn / 4R^2. \quad (2)$$

Средний уклон (I) в контрольных точках вычисляется по формуле [1]

$$I = \pi dmh / 4S = dmh / 4R^2, \quad (3)$$

где m — число пересечений линий сетки квадратов с горизонталями в пределах кружка; h — высота сечения рельефа.

I можно представить как тангенс двугранного угла, заключенного между наклонной поверхностью территориальной ячейки в натуре и ее горизонтальной проекцией. Тогда взаимосвязь уклона и глубины расчленения выразится формулой

$$I = \Delta H / 2R, \quad (4)$$

где ΔH разность высот между крайними точками кружка, удаленными друг от друга на расстояние $2R$. Отсюда глубину расчленения рельефа в контрольных точках можно вычислить по формуле

$$\Delta H = 2RI. \quad (5)$$

Схема 2. По горизонталям исходной карты в пересечениях линий сетки квадратов (в узловых точках) снимают высоты рельефа земной поверхности, что создает цифровую модель рельефа. Далее отмечают те узловые точки, относительно которых соседние точки находятся выше. Таким образом, выявляются минимумы, свидетельствующие о наличии тальвегов. Подсчитав число (n) точек-минимумов в пределах кружка можно вычислить показатель горизонтального расчленения по формулам (1) и (2).

Для вычисления в контрольной точке показателя глубины расчленения рельефа (ΔH) следует в пределах кружка выбрать две узловые точки сетки квадратов, имеющие наибольшую (H_{\max}) и наименьшую (H_{\min}) высоты, и использовать известную формулу

$$\Delta H = H_{\max} - H_{\min}. \quad (6)$$

Наконец средний угол наклона ($\bar{\alpha}$) можно вычислить по формуле

$$\bar{\alpha} = \sum_1^n \alpha_i / n, \quad (7)$$

где α_i углы наклона между соседними точками в пределах кружка, а n — общее число таких углов (сторон квадрата). Причем

$$\operatorname{tg} \alpha_i = |h_i - h_{i+1}| / d_i, \quad (8)$$

где $|h_i - h_{i+1}|$ — разность высот двух соседних точек, а d_i — расстояние между ними, равное стороне квадрата.

Обе рассмотренные схемы объединяет использование механических выборок из бесконечного множества точек картографируемой территории. Отсюда — чем меньше квадраты сетки, тем больше объем выборки и точнее определение морфометрических показателей. Вместе с тем увеличение трудоемкости картометрических работ и расчетов требует применения ЭВМ и приборов для снятия пространственных координат точечных множеств — полуавтоматических, сеточных и сканирующих цифрователей (дигитайзеров).

По предложенным схемам в Институте географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР составляется серия морфометрических карт, представляющих собой часть картографического обеспечения темы «Охрана природы Верхнеленского территориально-производственного комплекса». Исходные данные берутся с обзорно-топографических карт, на которые накладывается сетка квадратов со стороной (шагом) 5 мм. Радиус скользящего кружка для построения морфометрических карт, как и других карт природных условий и ресурсов, равен 10 км (33 мм на карте). Это облегчает сопряженный анализ карт рельефа, растительных ресурсов и т. д.

Итак, концепцию поля правмерно рассматривать как основу для совершенствования методики и техники изолинейного картографирова-

ния морфометрических характеристик рельефа земной поверхности. Акцентируя внимание на непрерывно-изолинейном подходе к составлению карт полей морфометрических показателей, мы не противопоставляем их картограммам. Оба подхода правомерны, если признавать как реальность наличие в территориальном размещении явлений черт дискретности и непрерывности, если учитывать особенности изучаемой территории и задачи исследований, проводимых по картам. Непрерывность более отчетливо проявляется на больших площадях. Поэтому изолинейные морфометрические карты лучше составлять в мелких масштабах путем обобщения данных, получаемых с крупномасштабных источников.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Червяков В. А.* Концепция поля в современной картографии. М.: Наука, 1978. 149 с.
2. Карты полей плотности в географических исследованиях. Иркутск, 1978. 122 с.
3. Карты полей динамики и взаимосвязи явлений. Иркутск, 1980. 157 с.
4. *Спиридонов А. И.* Геоморфологическое картографирование М.: Географгиз, 1952.. 136 с.
5. *Спиридонов А. И.* Геоморфологическое картографирование. М.: Недра, 1975. 183 с.
6. *Исаченко А. Г.* Физико-географическое картирование, ч. II. Л.: Изд-во ЛГУ, 1960. 231 с.
7. *Философов В. П.* Методика вычисления и геолого-геоморфологическая интерпретация коэффициента расчлененности рельефа.— В кн.: Вопросы морфометрии. Саратов: Изд-во СГУ, 1967, с. 112.
8. *Николаевская Е. М.* Морфометрические карты рельефа. Методические указания по проектированию и составлению комплексных научно-справочных атласов. Вып. 4. М.: Изд-во МГУ, 1966. 30 с.
9. *Философов В. П.* Замечания по теории и практике морфометрического метода.— В кн.: Морфометрический метод при геологических исследованиях. Саратов: Изд-во СГУ, 1963. 249 с.
10. *Берлянт А. М.* Опыт количественного изучения неотектоники путем морфометрической реконструкции первичного рельефа.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1965, № 1, с. 107.
11. *Коз Л., Тикунов В. С., Торп Л.* Алгоритмизация создания карт углов наклона.— Вестн. МГУ. География, 1981, № 2, с. 52.
12. *Evans Jan S.* An integrated system of terrain analysis and slope mapping.— Z. Geomorphol., 1980, Supplement, Bd 36, p. 274.
13. *Исаченко А. Г.* Физико-географическое картирование, ч. I. Л.: Изд-во ЛГУ, 1958. 232 с.
14. *Киселева О. А., Червяков В. А.* Опыт изучения овражной эрозии с помощью карт полей плотности.— Геоморфология, 1977, № 3, с. 60.
15. *Кривоборская А. И., Червяков В. А.* Оценка комплекса природных условий промышленного освоения зоны БАМ с использованием карт полей.— В кн.: Теоретические и методические вопросы прикладной картографии. Иркутск, 1977, с. 110.
16. *Кривоборская А. И., Савельева И. Л.* Использование карт полей плотности при оценке природных условий освоения минеральных ресурсов.— В кн.: Карты полей плотности в географических исследованиях. Иркутск, 1978, с. 40.
17. *Червяков В. А.* Составление карт полей плотности и морфометрических показателей по крупномасштабным материалам.— Геодезия и картография, 1979, № 4, с. 47.

Институт географии Сибири и
Дальнего Востока СО АН СССР

Поступила в редакцию
2.XI.1982

FIELD CONCEPT AS APPLIED TO MORPHOMETRIC MAPS

CHERVYAKOV V. A.

Summary

The field concept is considered necessary for methodical and technical perfection of isolinear mapping of the Earth surface morphometry with view to new technological possibilities. Comparative analysis of existing mapping techniques shows the advantage of moving circle technique. Two schemes are introduced of isolinear morphometric maps compilation (slopes, drainage densities and roughness of topography) which are based on presentation of drainage pattern and topography as discrete points using small quadrangles net. The schemes permit to simplify mapping process using digitisers and computers.