

## РЕЦЕНЗИИ

КНИГА, СПОСОБСТВУЮЩАЯ СТАНОВЛЕНИЮ ГЕОМОРФОЛОГИИ  
КАК ТОЧНОЙ НАУКИ

В течение последних десяти лет в Географическом журнале (*Geografiscy Casopis*), издаваемом в Братиславе Словацкой Академией наук, печатались статьи Йозефа Крхо, посвященные изучению рельефа методами теории поля. В своих статьях И. Крхо не занимался декларациями о пользе применения математики в географии, но с безукоризненной математической строгостью, пользуясь давно устоявшимся аппаратом классического анализа, обтесывал и подгонял друг к другу камни будущего здания. Вероятно, отсутствие внешних эффектов в его статьях было причиной того, что они прошли в литературе почти незамеченными.

Но вот сейчас, когда в «*Acta geographica*» Братиславского университета им. Я. А. Коменского опубликованы две монографические работы И. Крхо (одна совместно с П. Хаверликом): «Морфометрический анализ рельефа на основе геометрических представлений теории поля» и «Математические основы автоматического построения изолиний тематических карт на примере морфоаналитических карт и карт динамики инсоляции рельефа»<sup>1</sup>, представляется возможным оценить по существу все научное творчество этого ученого.

Видимо, в расчете на читателя, который сможет воспользоваться этими работами во многих странах мира, они были опубликованы на английском языке в сопровождении составленных для каждого параграфа расширенных текстов — резюме на немецком и словацком языках.

В этой книге, несмотря на то что она состоит из двух работ, из которых одна написана в соавторстве, прежде всего бросается в глаза цельность и завершенность вплоть до мельчайших деталей. Ее можно отнести к числу тех трудов, которые становятся классическими уже в самый момент своего рождения.

Все ее содержание, все громоздкие, двух-, трех-, четырех- и даже шестиэтажные формулы являются преобразованиями простейшего уравнения  $z = z(x, y)$ , гласящего, что в фиксированный момент времени высота  $z$  точки топографической поверхности представляет собой функцию плановых координат  $x$  и  $y$ . Существенным является то, что уравнение поверхности решено именно относительно вертикальной координаты  $z$  в соответствии с анизотропностью поля земного тяготения. В такой записи рельеф может рассматриваться как скалярное поле геометрических объектов — высотных отметок точек земной поверхности.

Приведенная выше запись уравнения поля и традиционный способ его графического изображения в виде изолиний, применяемый как в теории поля, так и в картографии, не отражают всех особенностей поведения поля. Углубленное познание свойств поля достигается путем исследования производных от него полей, что составляет основное содержание первой половины книги. Результатом первого дифференцирования скалярного поля высот является векторное поле градиентов или уклонов поверхности. Наглядно на карте оно может быть изображено в виде гашюр или векторных стрелок. Чтобы представить поле градиентов в виде изолиний, И. Крхо разлагает его на два скалярных поля. На одном из них изображаются линии равных абсолютных величин градиентов (изоградиенты) или углов наклона (изоклины), на втором — линии равных углов между касательными к изогипсам и заданным направлением, например меридианом, названные Б. Чаламоном изотангентами. Ими определяется направление вектора градиента в данной точке поля.

Переходя ко вторым производным, определяющим степень выпуклости (вогнутости) поверхности, И. Крхо отказывается от принятого в дифференциальной геометрии определения кривизны поверхности, инвариантного относительно системы координат. Исходя из представления земной поверхности как поля высот и изображения его изогипсами, автор вводит две характеристики кривизны. Горизонтальная кривиз-

<sup>1</sup> Krcho J., Morphometric analysis of relief on the basis of geometric aspect of field theory.— Haverlic I., Krcho J., Mathematical generalisation of forming isoline thematic maps by computer exemplified by morphometric analysis of relief and dynamics of relief insolation. *Acta geographica Universitatis Comenianae. Geographica-physica*, Nr. 1, Bratislava, 1973, 426 p.

на определяется как кривизна плоских кривых — изогипс, а нормальная — как кривизна линий наибольшего ската. Каждая из этих двух видов кривизны показывается на картах семейством изолиний. В зависимости от алгебраических знаков обоих видов кривизны различаются поверхности выпуклые в горизонтальном и в нормальном направлениях, вогнутые в обоих направлениях, выпуклые в одном и вогнутые в другом направлении. Такое двойственное выражение кривизны оказывается более адекватным и картографическим и морфогенетическим представлениям, чем инвариантная кривизна дифференциальной геометрии. В качестве единой меры кривизны И. Крхо вводит понятие общей кривизны рельефа, которая определяется как векторная сумма горизонтальной и нормальной кривизны.

Глубокое аналитическое исследование свойств производных полей автор сопровождает описанием способов их построения. В качестве иллюстраций приводятся производные поля идеализированных форм рельефа (параболоида в качестве модели холма или впадины, гиперboloида в качестве модели седловины) и участка реального рельефа с топографической карты м-ба 1:50 000. Эти иллюстрации наглядно показывают, насколько производные поля обогащают представление о рельефе, даваемое картой в горизонталях. Следует отметить прекрасное выполнение большого числа многоцветных карт на имеющихся в книге вклейках и вкладках.

Алгоритмы, посредством которых в первой половине книги строятся иллюстративные карты, оказываются при ручном счете чрезвычайно трудоемкими. Только использование ЭВМ может позволить превратить теорию поля высот рельефа в рабочий аппарат геоморфологии и картографии. Математическим основам автоматизации построения карт поля высот и производных от него полей посвящена вторая половина книги.

Традиционный метод машинного построения карт рельефа земной поверхности, так же как и физических полей Земли, состоит в следующем. Располагая данными наблюдений в конечном числе точек отсчета или по конечному числу профилей, поле аппроксимируют некоторой поверхностью, которую затем представляют на карте в виде изолиний. Такой путь представляется законным в тех случаях, когда наблюдаемое поле невозможно непосредственно обозреть во всех его деталях и точки наблюдений выбираются более или менее случайным образом. Это имеет место для большинства физических полей, а также для рельефа дна водных бассейнов. Аппроксимацией в таких случаях устраняется неопределенность, вносимая случайным выбором точек наблюдений, а также погрешностями измерений, если точность последних невелика.

При съемке рельефа суши погрешности измерений достаточно малы, а сам рельеф доступен обозрению во всех его деталях. Последнее позволяет совмещать точки отсчета с характерными точками рельефа, между которыми допустима линейная интерполяция. Таким образом, при построении крупномасштабных карт суши нет оснований рассматривать значения поля высот в точках отсчета, по которым строятся изогипсы, как случайные величины. Это положение, отвечающее общей концепции книги, позволяет обосновать произведенную авторами замену пространственной задачи аппроксимации земной поверхности плоской задачей аппроксимации горизонталей. При этом машиной воспроизводится алгоритм проведения вручную горизонталей топографом. На карте строится треугольная сеть с вершинами в точках, где определены высотные отметки. По ребрам сети выполняется линейная интерполяция высот, и линии, проходящие через точки с равными отметками, кусочно аппроксимируются полиномами. Тот же прием используется для построения производных полей рельефа, а также карт динамики инсоляции рельефа, служащих примером расширения области применения рассматриваемой методики. Изложение методов машинного построения карт доведено в книге до блок-схем программного счета. В качестве иллюстраций приведены построенные машинной карта в горизонталях и карта изотангент экспериментального планшета.

Предыстория рассматриваемой книги отмечается очень немногими веками. Представление о земной поверхности как о поле высот было введено в весьма общей форме в 1932 г. советским ученым П. К. Соболевским, которого рельеф заинтересовал как наглядный прообраз геохимических полей. Та же идея, по-видимому независимо от П. К. Соболевского, возникла в 1951 г. у словацкого ученого Б. Чаламона, который развил ее в нескольких статьях преимущественно в геометрическом направлении. И. Крхо, будучи учеником Б. Чаламона, продолжил и завершил исследования учителя, посвятив свой труд его памяти.

Если попытаться заглянуть в будущее, то мы отвели бы этому труду место первого тома основ геоморфологии как точной науки, излагаемой на математическом языке. Содержащиеся в нем фундаментальные представления едва ли могут быть поколеблены. Среди математических абстракций трудно найти другую, которая служила бы более адекватным, чем поле, отображением земной поверхности. Эта адекватность становится еще более очевидной в свете результатов, полученных Л. Л. Ягодиной (см. автореферат ее диссертации, защищенной в 1973 г. на Географическом факультете Ленинградского университета), которая показала, что очертания подавляющей части поверхности суши подчиняются уравнению Лапласа. Таким образом, земная поверхность оказывается не только полем геометрических объектов, но наряду с другими физическими полями Земли, и потенциальным полем.

Другим направлением, в котором расширяется и усложняется представление о земной поверхности как о поле, является рассмотрение ее как поля независимых случайных величин и как случайного поля. Вводя фактор времени, мы вступаем далее в область существования нестационарных полей, полей скоростей, градиентов скоростей перемещений земной поверхности и т. д.

Авторы рецензируемой книги адресуют ее геоморфологам и картографам. Для климатологов и физико-географов в ней представляет интерес аналитическое определение интенсивности инсоляции в зависимости от уклонов и ориентации рельефа. Вместе с тем развитый авторами математический аппарат может быть использован географами всех специальностей постольку, поскольку им приходится иметь дело с различными полями, для которых рельеф земной поверхности является наглядным прообразом, подобно тому как он послужил П. К. Соболевскому прообразом геохимических полей.

*А. С. Девдариани*

---

Главный редактор д-р географ. наук *А. А. Асеев*

Редакционная коллегия:

Канд. географ. наук *Н. С. Благоволин* (зам. главного редактора),  
д-р географ. наук *Д. В. Борисевич*, д-р геол.-мин. наук *Г. С. Ганешин*,  
акад. *И. П. Герасимов*, д-р географ. наук *С. К. Горелов*,  
д-р географ. наук *В. П. Зенкович*, д-р географ. наук *О. К. Леонтьев*,  
канд. географ. наук *Д. А. Лилиенберг*, д-р географ. наук *Н. И. Маккавеев*,  
д-р геол.-мин. наук *Н. И. Николаев*, д-р геол.-мин. наук *А. П. Рождественский*,  
канд. географ. наук *Л. Е. Сетунская* (отв. секр.), канд. географ. наук *Д. А. Тимофеев*,  
член-кор. АН СССР *Н. А. Флоренсов*

Адрес редакции:

Москва, Ж-17, Старомонетный пер., 29, тел. 231-68-17

Зав. редакцией *В. Д. Левина*

Технический редактор *Е. А. Проценко*

---

Сдано в набор 18.11.1975 г. Т-02156 Подписано к печати 31/11-1975 г. Тираж 1715 экз.  
Зак. 4454 Формат бумаги 70×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Усл. печ. л. 9,8+1 вкл. Бум. л. 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Уч.-изд. листов 11,1

2-я типография издательства «Наука». Москва, Г-99, Шубинский пер., 10