

О СИМВОЛИЧЕСКОМ ЯЗЫКЕ ГЕОМЕТРИИ РЕЛЬЕФА

Термин «геометрия рельефа» предложен Ю. К. Ефремовым [1]. Разложив рельеф земной поверхности на простейшие элементы — точки, линии и грани, образовав из их сочетаний формы рельефа, он всем им дал обстоятельные описания в терминах элементарной геометрии. Следующий принципиально важный шаг на этом пути сделал А. Н. Ласточкин [2], выявивший и определивший, исходя из представлений дифференциальной геометрии плоских кривых, различные виды характерных точек С, структурных линий L и элементарных поверхностей Р. Для обозначения выделенных элементов рельефа А. Н. Ласточкин создал символический язык, состоящий из 132 символов в виде указанных букв латинского алфавита с нижней и верхней одиночной и двойной индексацией. Типы рельефа представлены как последовательности элементов рельефа вдоль заданного направления. Для их описания буквенные символы перекодируются в цифровые или индексированные цифровые символы.

В настоящей статье делается попытка дать, отправляясь от представлений А. Н. Ласточкина, символическое описание не только простейших элементов рельефа, но и форм рельефа, для целей в первую очередь геоморфологического картографирования.

Под формой рельефа данного порядка размера будем понимать геометрическое тело, образуемое пересечением или касанием двух поверхностей со смежными степенями генерализации [3]. При пересечении поверхностей образуются положительные и отрицательные формы; в случае касания геометрические тела вырождаются в поверхности — равнины или склоны. При этом генерализация должна выполняться таким образом, чтобы обеспечивалось выделение так называемых простых форм рельефа. Универсального алгоритма генерализации еще не существует, и ее приходится выполнять интуитивно.

Из указанных А. Н. Ласточкиным [4] основных геометрических признаков форм рельефа размер и соподчиненность выявляются путем разделения форм по порядкам размера и непосредственно усматриваются из карты, на которой они выделены. Морфология в плане и замкнутость контура выражены опять-таки на карте самими контурами форм рельефа. Что же касается знака и морфологии формы в профиле, то они не умещаются в двух измерениях карты и требуют специального описания. Для этого, вообще говоря, мог бы быть использован символический язык, предложенный А. Н. Ласточкиным. Однако, с одной стороны, он позволил бы описать только, например, конкретные долины, но не долину как таковую или долины определенного типа: остродонные, плоскодонные и т. д. С другой стороны, символика А. Н. Ласточкина, и без того довольно громоздкая и трудно запоминаемая, после введения нового объекта — форм рельефа потребует еще большего усложнения.

При решении поставленной задачи символического описания форм рельефа мы рассматриваем, вслед за А. Н. Ласточкиным, поперечные профили, проведенные через линии наибольшего ската и построенные в декартовой системе координат. Один из путей расширения этого решения указан в заключительном абзаце Приложения. Строгое решение может быть получено в рамках пока еще не существующей теории поверхностей в координатных системах с приоритетной осью, подлежащей совмещению с направлением силы тяжести.

В основу предлагаемого варианта языка геометрии рельефа кладется применяемая в алгоритмических языках линейная запись слов, составляемых из букв некоторого алфавита [5]. Предлагается алфавит, объединяющий два подалфавита. В один из них входят пять букв, заимствуемых из латинского алфавита. Три из них обозначают, как и у А. Н. Ласточкина, простейшие элементы рельефа: С — характерные точки, L — структурные линии, Р — элементарные по-

верхности. Дополнительно к ним вводятся буквы: F — для обозначения форм рельефа и S — для обозначения склонов форм рельефа; определение последних будет дано ниже.

Второй подалфавит из 25 букв служит для описания геометрических особенностей элементов рельефа. В целях облегчения запоминания, хотелось бы, чтобы начертания этих букв ассоциировались с обозначаемыми геометрическими объектами. Вместе с тем буквы приходится выбирать из применяющихся в печати типографических знаков. Удовлетворяющими обоим условиям оказались приводимые ниже математические символы. При употреблении в качестве букв языка геометрии рельефа они теряют, разумеется, исходную смысловую нагрузку, указываемую в кавычках, согласно Справочнику ... [6]: $\cap$ — «пересечение множеств», $\wedge$ — «знак конъюнкции», $\cup$ — «объединение множеств», $\vee$ — «знак дизъюнкции», Δ — «знак оператора Лапласа», ∇ — «знак оператора Гамильтона», $\int$ — «интеграл», $\sim$ — «эквивалентно», $\supset$ — «содержит множество», $\subset$ — «знак включения множеств», $>$ — «больше», $<$ — «меньше», Θ — «знак прямой разности», $\oplus$ — «знак прямой суммы», $)$ — «скобка круглая» (правая), $($ — «скобка круглая» (левая), $\square$ — «квадрат», $/$ — «деление», $|$ — «черта модульная», $\uparrow$ — «стрелка зенитная», T — «тензор», $\downarrow$ — «стрелка надирная», $\perp$ — «перпендикулярно», $\neg$ — «знак отрицания».

Элементы рельефа называются двухбуквенными словами. На первом месте должна стоять буква, заимствованная из латинского алфавита и обозначающая элемент рельефа, на втором — буква из математической символики, обозначающая его геометрические особенности. Как и в естественных языках, осмысленны лишь слова, образованные определенными сочетаниями букв. Для описания геометрических особенностей форм рельефа, не очевидных из их контуров на карте, но проявляющихся на поперечных профилях (а также для описания проявляющихся на продольных профилях, проведенных через гребневые и килевые линии, экстремальных точек этих линий), на наш взгляд, безусловно необходимы следующие 34 двухбуквенных слова (см. также рис. 1 и 2 и Приложение):

Характерные точки: вершинные: $C\cap$ — сглаженные, $C\wedge$ — переломные; донные: $C\cup$ — сглаженные, $C\vee$ — переломные; максимумов — $C\Delta$ и минимумов — $C\nabla$ ундуляций гребневых и килевых линий.

Структурные линии: гребневые: $L\cap$ — сглаженные, $L\wedge$ — переломные; килевые: $L\cup$ — сглаженные, $L\vee$ — переломные; перегиба: $L\}$ — уступообразного, $L\sim$ — террасообразного; сопряжения: $L\supset$ — выпуклого, $L\subset$ — вогнутого; излома: $L>$ — вовне, $L<$ — вовнутрь; максимальной кривизны: $L\Theta$ — отрицательной; $L\oplus$ — положительной.

Элементарные поверхности (в профиле): P) — выпуклые, P(— вогнутые, $P\square$ — горизонтальные, P/ — наклонные, P| — отвесные.

Формы рельефа: F $\uparrow$ — положительные: F $\cap$ — округловерхие, F $\wedge$ — островерхие, FT — плосковерхие; F $\downarrow$ — отрицательные: F $\cup$ — округлодонные, F $\vee$ — остродонные, F $\perp$ — плоскодонные; нейтральные: F $\square$ — равнины горизонтальные, F/ — равнины наклонные, F $\neg$ — террасы.

Слова F $\cap$, F $\wedge$, FT, F $\cup$, F $\vee$, F $\perp$, F $\neg$ будем называть кратким описанием форм рельефа; оно указывает их знак и основную геометрическую особенность. Слова F $\uparrow$, F $\downarrow$, F $\square$, F/ назовем кратчайшим описанием; оно указывает либо только знак, либо знак и наклон.

Под склонами форм рельефа, обозначаемыми однобуквенным словом S, будем понимать области земной поверхности, ограниченные сверху либо вершинной точкой, либо гребневой линией, либо линиями сопряжения или излома по краям плоских вершин, а снизу — либо глубинной точкой, либо килевой линией, либо линиями сопряжения или излома по краям плоских днищ или низменных равнин.

При сопоставлении с элементами, выделяемыми А. Н. Ласточкиным, в приведенном перечне не находят себе места торцовые точки, точки пересечения и сочленения структурных линий. Для поставленной нами задачи они не требуют

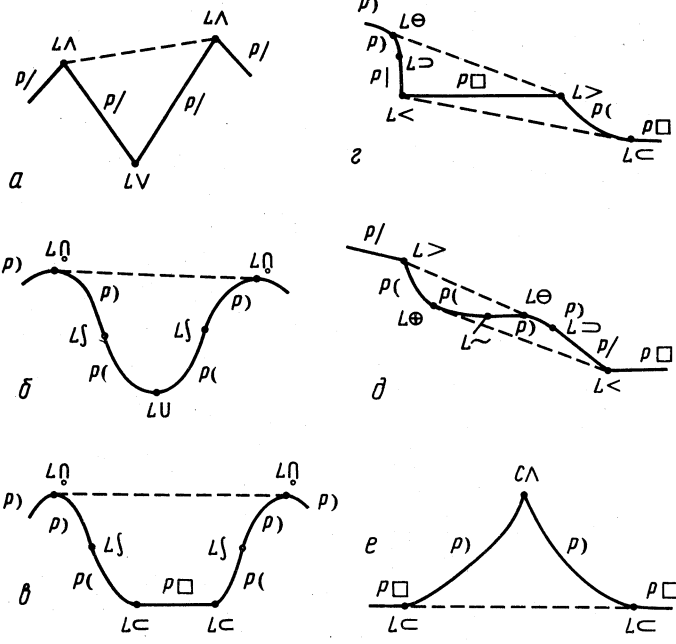


Рис. 1. Поперечные профили некоторых форм рельефа и символическое описание их элементов

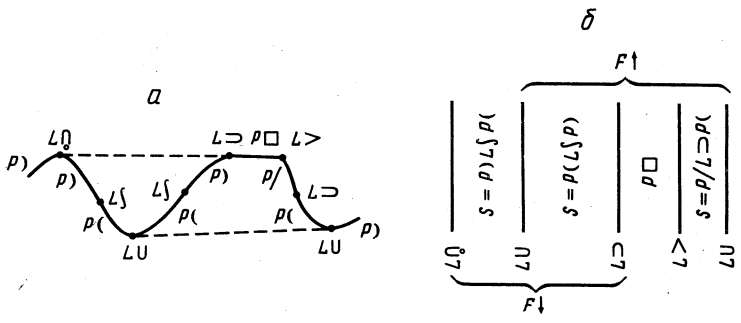


Рис. 2. Поперечные профили (а) и картографическое изображение (б) сопряженных форм рельефа

специальных обозначений, поскольку усматриваются непосредственно на карте из рисунка структурных линий. Зато нами дополнительно вводится 11 обозначений для отвесных элементарных поверхностей, форм рельефа и склонов форм рельефа. Если исключить несопоставимые объекты, то 98 символических обозначений А. Н. Ласточкина сводятся в предлагаемом языке к 23 обозначениям.

Путем соединения перечисленных односложных слов образуются многосложные слова, описывающие те или иные сочетания элементов рельефа. Важнейшим приложением такого словообразования является развернутое, поэлементное описание форм рельефа. Оно, подобно описанию типов рельефа у А. Н. Ласточкина, заключается в перечислении в порядке следования в заданном направлении названий элементов, из которых состоит данная форма. Чтобы показать, что полученное слово служит описанием именно формы рельефа, а не какого-то другого сочетания элементов рельефа и дать общее представление о внешности этой формы, в начале слова помещается ее краткое описание. В дальнейшем потребуются, чтобы развернутое описание формы рельефа можно было трактовать как высказывание, к которому применимы алгебраические операции мате-

матической логики. Для этого между кратким и развернутым описанием поместим знак равенства, употребив его в смысле «равно по определению» или «обозначим через».

В качестве примера приведем полученные, следуя приведенным правилам словообразования, развернутые описания форм рельефа, изображенных на рис. 1: a — остродонная долина: $F \vee = P/L \vee P/$; b — округло-донная долина: $F \cup = P) L \{ P (L \cup P (L \{ P)$; $в$ — плоскодонная долина: $F \perp = P) L \{ P (L \subset P \square L \subset P (L \{ P)$; $г$ — горизонтальная терраса: $[F \top = P) L \supset P | L < P \square] \vee [F \top = P \square L > P (]$; $д$ — покатая терраса: $[F \top = P (L \oplus P (L \sim P)] \vee [F \top = P (L \sim P) L \oplus P) L \supset P /]$; e — вулканический конус: $F \wedge = P) C \wedge P)$.

Описание террас дано двояко — как положительной и как отрицательной формы [1] — и оформлено в виде дизъюнкции соответствующих высказываний, т. е. в виде утверждения справедливости как каждого из них отдельно, так и обоих вместе. Поскольку знак дизъюнкции $\vee$ используется одновременно в качестве буквы алфавита языка геометрии рельефа, разделяемые им высказывания заключены в прямые скобки.

Развернутое описание дается для какого-либо одного сечения форм рельефа. Но на протяжении вытянутой формы, например долины, состав ее элементов может изменяться, хотя долина остается долиной. Так, если остродонная долина $F \vee$ (рис. 1, a) переходит вниз по течению в округлодонную $F \cup$ (рис. 1, b), а затем в плоскодонную $F \perp$ (рис. 1, $в$), то для такой долины в целом можно воспользоваться кратчайшим описанием в виде слова $F \downarrow$, обозначающего отрицательную форму вообще; то, что это именно долина, будет видно из ее контура на карте. Краткое описание такой долины можно представить в виде слова $F \downarrow = F \vee F \cup F \perp$, либо в виде кортежа $F \downarrow = \langle F \vee, F \cup, F \perp \rangle$. Последняя запись представляет интерес тем, что ее можно преобразовать в развернутое описание той же долины, вставив в нее приведенные выше развернутые описания форм рельефа, изображенных на рис. 1, $a—в$.

Предложенный способ описания форм рельефа на карте непригоден, когда склон положительной формы (например, в эрозионном рельефе хребта) является вместе с тем склоном отрицательной формы (например, долины) (рис. 2, a). Именно для таких случаев была введена буква S , обозначающая склон формы рельефа. Способ ее применения при картографировании показан на рис. 2, $б$. Из приводимых на карте описаний склонов нетрудно сконструировать описания форм рельефа, которые для рис. 2 выглядят так: $F \downarrow = F \cup = S L \cup S = P) L \{ P (L \cup P (L \{ P)$ и $F \uparrow = F \top = S P \square S = P (L \{ P) L \supset P \square L > P / L \supset P)$.

Выводы

1. Предлагаемый вариант символического языка геометрии рельефа предназначен для описания геометрических особенностей форм рельефа, не очевидных из их контуров на карте. В основе языка лежат представления дифференциальной геометрии рельефа [2] и применяемая в алгоритмических языках линейная запись слов, составляемых из букв некоторого алфавита [5].

2. Алфавит языка состоит из пяти букв латинского алфавита, служащих для различения точечных, линейных, площадных и объемных элементов рельефа, и 25 букв в виде математических символов, начертания которых ассоциируются с геометрическими особенностями элементов рельефа.

3. Сочетанием букв латинского алфавита и математического символа, входящих в алфавит языка, образуются 34 односложных слова, из которых 23 служат для описания точечных, линейных и площадных элементов, семь — кратким описанием форм рельефа, указывающим их знак и основную геометрическую особенность, четыре — кратчайшим описанием форм рельефа, указывающим знак, а также наклон.

4. Развернутое описание форм рельефа осуществляется многосложными сло-

вами, представляющими собой соединения односложных слов, описывающих образующие данную форму точечные, линейные и площадные элементы.

Усовершенствованию настоящей статьи способствовали обсуждения ее геоморфологических аспектов с А. Н. Ласточкиным и математических аспектов с Т. М. Акивис.

Приложение: Определения простейших элементов рельефа в терминах дифференциальной геометрии

Характерные точки, в которых касательная плоскость существует: $C\cap$ — в максимумах или $C\cup$ — в минимумах и отсутствует: $C\wedge$ — в максимумах или $C\vee$ — в минимумах; точки максимумов — $C\Delta$ и минимумов — $C\nabla$ ундуляций структурных линий.

Структурные линии — геометрические места точек на профилях, проведенных через линии наибольшего ската, в которых: первая производная функции, описывающей профиль, обращается в нуль в максимумах — $L\cap$ или в минимумах — $L\cup$; первая производная терпит разрыв в максимумах — $L\wedge$ или в минимумах — $L\vee$; точек перегиба профиля от выпуклого к вогнутому — $L\}$ или от вогнутого к выпуклому — $L\sim$; точек сопряжения, в которых радиус кривизны испытывает разрыв, обращаясь в бесконечность при возрастании — $L\supset$ или убывании — $L\subset$ значений ординат; точек, в которых первая производная испытывает разрыв, причем при возрастании значений ординат ее величина убывает — $L>$ или возрастает — $L<$; точек, в которых кривизна достигает максимума, признаваемом достаточно четко выраженным, на выпуклом — $L\ominus$ или вогнутом — $L\oplus$ профиле.

Элементарные поверхности, у которых на профилях, проведенных через линии наибольшего ската: вторая производная отрицательная — $P)$ или положительная — $P($, первая производная тождественно равна нулю — $P\Box$ или стремится к бесконечности — $P|$, вторая производная тождественно равна нулю — $P/$.

Перечисленные выше структурные линии служат продольными границами элементов рельефа. При дальнейшем расширении языка геометрии рельефа следует ввести в рассмотрение поперечные границы и определить их как геометрические места точек, аналогичные структурным линиям $L\}$, $L\sim$, $L\supset$, $L\subset$, $L>$, $L<$, $L\ominus$, $L\oplus$, но не на профилях, а на изогипсах или изобатах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефремов Ю. К. Опыт морфографической классификации элементов и простых форм рельефа // Вопросы географии. Сб. 11. 1949. С. 109—136.
2. Ласточкин А. Н. Морфодинамический анализ. Л.: Недра, 1987. 256 с.
3. Девдариани А. С. Структурный анализ физических полей и рельефа дна океана // Океанология. 1973. Т. 13. Вып. 3. С. 538—544.
4. Ласточкин А. Н. Методы морского геоморфологического картографирования. Л.: Недра, 1982. 227 с.
5. Марков А. А. Теория алгорифмов // Тр. Матем. ин-та им. В. А. Стеклова. 1954. Т. 42. 375 с.
6. Справочник технолога-полиграфиста. Ч. 1. Наборные процессы. М.: Книга, 1981. 255 с.

Институт океанологии
им. П. П. Ширшова АН СССР

Поступила в редакцию
17.IV.1989

ON SYMBOLIC LANGUAGE OF THE RELIEF'S GEOMETRY

DEVDAIRANI A. S.

S u m m a r y

A special symbolic language is introduced to be used for description of geometric characteristics of point, linear, areal and three-dimensional topographic elements in the geomorphological mapping. The language is based on linear recording of words composed of letters of a certain alphabet according to the rules formulated in the article; the system of recording resembles that used in algorithmic languages.