

УДК 551.435.11

КАДЕТОВ О. К., КРУЖАЛИН В. И., СИМОНОВ Ю. Г.

**ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ РЕЧНОЙ СЕТИ
НА ХОД РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ**

Предлагается метод формализованного описания структуры речных систем, основанный на кодировании водотоков с учетом их порядка и позиции, которую они занимают по отношению к другим элементам речной сети. Математико-статистическими методами анализируется зависимость продольных профилей дна речных долин от структурного положения, выявляются наиболее значимые морфометрические параметры.

Показано, что рельефообразующие процессы с разной интенсивностью, а иногда и направленностью, протекают в речных бассейнах, занимающих неодинаковое положение в структуре флювиальных геоморфологических систем.

В комплексе экзогенных факторов рельефообразования ведущее значение имеет деятельность водных потоков. Реки образуют речные системы, которые в своем развитии подчиняются определенным закономерностям, зависящим от особенностей взаимодействия подстилающей поверхности и водных потоков. Очевидно, что в сложной «сетке» долин заложена интересующая исследователей информация о геолого-тектонических, геоморфологических, палеогеографических, гидрологических и прочих аспектах ее зарождения, становления и развития.

В течение последнего десятилетия широкое распространение получило представление о речной сети как об открытой системе с направленным потоком вещества и энергии [1—7]. Функционирование этой системы выражается в кумуляции стока, переносе, перераспределении и аккумуляции обломочного материала с дренируемого бассейна. Развитие любого водотока и дренируемого им бассейна зависит не только от собственных условий зарождения и существования, но и от положения в речной системе более высокого порядка. Таким образом, представление о речной сети как о системе предполагает у нее наличие некоторой структуры и взаимодействия между элементами и процессами в ее пределах.

Функцию элемента речной системы выполняют ее отдельные звенья, сочетание которых в пространстве приводит к образованию долин различных порядков. Воздействие каждого элемента, входящего в структуру анализируемой речной системы, зависит от его порядка и пространственного расположения. Естественно, что воздействие водотока III порядка неравнозначно воздействию водотока I порядка. Это в полной мере относится и к водотокам одного порядка, отличающимся положением в структуре анализируемого бассейна. Так, например, водоток I порядка может располагаться как в верховьях речного бассейна, так и впадать в главную реку в ее низовьях. Функционирование этих водотоков и дренируемых ими долин I порядка может быть различным, и, следовательно, будет различаться и степень их воздействия на речной бассейн в целом. Эти различия могут быть существенными, так как в пределах всего водосбора заметно может меняться вся литолого-тектоническая и ландшафтно-климатическая обстановка.

Для сравнения друг с другом элементов структуры речной сети можно предложить следующий способ индексации водотоков, учитывающий порядок и их положение в системе. Этот способ основан на классификации элементов речной сети через порядок по дихотомическому методу А. Стралера — В. П. Философова. После определения порядка каждого из водотоков речного бассейна можно определить его структурное положение с помощью структурного индекса. Так, водоток I порядка, впадающий в водоток II порядка, записывается индексом 21, а если этот водоток, минуя второй порядок, впадает прямо в водоток III порядка — 301. Ноль, в данном случае, означает, что водоток второго порядка пропущен. Водоток I порядка, впадающий в водоток V порядка, можно записать индексом 50001. Таким образом, количество цифр и первая из них обозначают порядок главной реки. Последняя значащая цифра индекса обозначает порядок рассматриваемого водотока. Значащая цифра, стоящая перед ней, указывает на порядок водотока, принимающего анализируемый. Так, различные водотоки I порядка могут получать индексы 50021, 50301, 50321, 54001, 54021 и т. д. Все водотоки II порядка будут оканчиваться числовым индексом 20, а именно: 50020, 50320, 54020 и т. д. Водотоки III порядка записываются индексами 50300, 54300, а водотоки IV порядка имеют индекс 54000. Кроме того, может оказаться важным отличать водотоки друг от друга и еще по одному признаку. Некоторые из водотоков, сливаясь, меняют порядок ниже расположенного участка реки (это порядкообразующие водотоки, и их можно обозначить точкой над соответствующей цифрой индекса — 543̇00). В общем случае любой индекс можно прочесть следующим образом. В качестве примера рассмотрим водоток с индексом 54021̇. В соответствии с принятым правилом этот индекс означает, что для анализа выбран водоток I порядка (последняя значащая цифра 1), и это порядкообразующий водоток, поскольку над единицей поставлена точка. Он является истоком водотока II порядка, который впадает сразу в водоток IV порядка. Так как над цифрой 4 поставлена точка, то это порядкообразующий водоток, дающий начало водотоку V порядка. Анализ разнообразия структурных элементов речных систем показал, что их максимальное значение в бассейнах II порядка составляет три, III порядка — восемь, IV порядка — девятнадцать, V порядка — пятьдесят пять и т. д. В реальных речных системах некоторые структурные элементы могут отсутствовать. Вместе с тем может существовать значительное количество элементов, занимающих одинаковое структурное положение, что наиболее характерно для водотоков низких порядков.

Теперь, когда мы увидели большое разнообразие структурных позиций водотоков различных порядков в речной системе, необходимо выяснить, влияет ли это положение в системе на те параметры, которые определяют ход рельефообразующих процессов и морфологию бассейнов. Для этого необходимо установить, насколько морфологически сходны или отличаются друг от друга бассейны одного порядка, но имеющие различный структурный индекс. Проанализируем с этой целью бассейны I порядка одной из речных систем низкогорной части Южного Приморья. Вначале все бассейны разобьем на три группы, в каждую из которых входят бассейны, близкие по своему положению в системе. Первая группа объединяет порядкообразующие водотоки I порядка. В любой речной системе они определяют степень расчленения верхнего гипсометрического яруса речной системы. Вторая группа объединяет непорядкообразующие бассейны первого порядка среднего гипсометрического яруса. Третья группа характеризует расчлененность нижнего яруса и объединяет водотоки первого порядка, которые, минуя водотоки II порядка, впадают непосредственно в водотоки более высоких порядков.

С помощью дискриминантного анализа осуществим проверку разбиения на группы, т. е. из всего многообразия морфометрических показателей, характеризующих каждый из анализируемых бассейнов, отберем те показатели, которые наилучшим образом делят всю совокупность бассейнов на группы [8]. Проверка разбиения на парные группы проводится на основании построения функции $D(X_1 \dots X_k)$, где $X_1 \dots X_k$ — набор из k признаков (в нашем случае $k=13$ и представляет набор морфометрических показателей, описывающих состояние бассейна).

Расчеты, проведенные на ЭВМ, показали, что самыми различимыми морфометрическими параметрами являются площадь водосбора, длина водотока, уклон днища долины. Именно эти морфометрические параметры и важны для дифференциации в пространстве геоморфологических процессов и явлений в пределах бассейнов.

Анализ «поведения» этих параметров в изучаемой речной системе показывает, что с переходом от одной группы к другой, с верхнего на нижний гипсометрический уровень растут водосборные площади, длины водотоков, уклоны. Таким образом, характеристики бассейнов низкого порядка, привязанных к долинам крупных рек, свидетельствуют о том, что они обладают мощным потенциалом, направленным на усиление глубинной эрозии и на вынос заметного объема обломочного материала в долины «принимающих» рек. Эти бассейны существенно отличаются от низкопорядковых бассейнов, расположенных в верховьях речной системы по своим функциональным особенностям. Внешними признаками этих особенностей служат отличия в площадях, длинах и уклонах между водотоками, относящимися к разным группам. Структурное положение долины и ее бассейна, как видно, в известной мере определяет формирование и развитие флювиального рельефа.

Поскольку в основу деления на группы легло формализованное описание строения системы, сказанное означает, что у водотоков одного порядка в зависимости от структурного положения меняется площадь водосбора, длина, уклон. Иными словами, структурное положение влияет на площадь, длину, уклон, а через них — на ход всех рельефообразующих процессов. Насколько же велико это влияние? Для ответа на вопрос обратимся к изучению продольных профилей днищ речных долин, рассматривая их как графическую или умозрительную модель уклона — показателя, значимость которого установлена нами по результатам дискриминантного анализа. Продольные профили формируются в ходе эволюции флювиальных геоморфологических систем, откликаясь на изменение внутренних и внешних условий. Поэтому если днище речной долины — «интегральное звено геоморфологической системы» [9], то профиль днища — интегральная характеристика состояния системы, отражающая особенности рельефообразующих процессов в пределах речного бассейна.

Чтобы оценить силу влияния интересующего нас фактора на форму профиля, воспользуемся дисперсионным анализом. Этот метод, как известно [10, 11], позволяет установить меру влияния одного или нескольких факторов на анализируемый показатель. В качестве такового примем «условную (или относительную) глубину эрозионного расчленения» в данной точке. Проследивая изменения этого параметра по длине реки, можно с необходимой и достаточной точностью охарактеризовать форму продольного профиля [12].

Условная глубина расчленения Z определяется как разность высот данной точки и некоторого исходного уровня. Высота уровня устанавливается для каждой реки индивидуально и соответствует абс. отметке некоторого пункта в верховьях реки с заданной и единой для всех анализируемых рек площадью водосбора. Этот прием позволяет ввести поправку на неодинаковое положение изучаемых рек по отношению к общему для системы базису эрозии [13]. Последнее обстоятельство

Влияние структурного положения и морфоструктурной позиции водотоков на форму их продольных профилей

Сила влияния на результирующий признак, %	Учтенные (организованные) факторы и их градации			
	I район		II район	
	А и В	А' и В	А и В	А' и В
Суммарное влияние	72,0	70,1	35,8	64,5
в том числе:				
совместное влияние	48,2	36,6	20,5	28,2
и влияние структурного положения	19,4	31,7	10,3	25,3

Примечания. А' — структурное положение (градации соответствуют порядкам водотоков); А — структурное положение (градации соответствуют структурным индексам водотоков); В — морфоструктурная позиция. Результирующий признак — показатель Z, характеризующий форму продольного профиля дна речной долины.

весьма существенно для формы продольных профилей. Сила влияния расстояния до базиса (которое представляет собой важное проявление положения рассматриваемой долины в системе более высокого ранга) на форму профиля составляет в разных вариантах расчетов 40—45% [14]. Иными словами, форма профиля на 40—45% определяется удаленностью от базиса. Но положение относительно общего базиса эрозии — только одно из проявлений структурной позиции водотока. Как показано выше, определенную роль играет соотношение водотока с другими элементами долинной сети (флювиальной системы) и место, которое водоток занимает в иерархии звеньев гидросети.

Проследим значение этих факторов для формы профилей на примере речных бассейнов, включающих водотоки II—IV порядка (по Стрелеру — Философову) и расположенных в Среднем Приамурье. Поскольку природные факторы, как правило, не действуют изолированно друг от друга, целесообразно при организации исходного для анализа дисперсионного комплекса включать в него дополнительно другие факторы, объективно независимые от исследуемого. При изучении влияния структурного положения интерес представляет изучение влияния морфоструктурной позиции долины или ее отрезка. Под структурным положением (позицией) водотока мы понимаем положение, которое он занимает как элемент, звено речной сети в ее структуре. Это — системное понятие, обусловленное необходимостью формального описания особенностей речной сети как системы. Морфоструктурная позиция — положение, которое водоток или его участок занимает по отношению к элементам морфоструктур [15] или «текторморфоструктур» [5].

Важным моментом в выборе процедуры дисперсионного комплекса является то, что факторам, учтенным при анализе, задаются некоторые градации. В разных вариантах опыта такими градациями послужили порядок водотока и его структурный индекс, записанный в соответствии с изложенными выше правилами.

Наиболее показательные результаты расчетов на ЭВМ сведены в таблице. Они показывают, что структурное положение долины играет заметную роль в формировании продольного профиля ее дна. Сравнительно велико и совместное влияние учтенных факторов. Это означает, что влияние структурного положения проявляется по-разному при разной морфоструктурной позиции.

Отчасти (но никак не полностью!) важное значение структурной позиции может быть объяснено влиянием площади водосбора. Обычно чем больше порядок, тем больше площадь бассейна, а с увеличением последней возрастает сложность речной системы.

Опираясь на полученные количественные характеристики, можно с уверенностью утверждать, что рельефообразующие процессы с разной интенсивностью, а иногда и направленностью, протекают в бассейнах, занимающих разное положение в структуре флювиальных геоморфологических систем. Значение этого обстоятельства до сих пор явно недооценивается. Особенности структурного положения отнюдь не ограничиваются порядком водотока, но определяются еще и его соотношением с другими элементами системы, позицией по отношению к «выходу» из системы (общему базису эрозии). Системный подход к изучению речной сети заставляет констатировать, что некоторые из укоренившихся представлений (о значении порядка реки, о роли далеко отстоящего базиса эрозии и др.) нуждаются в уточнении. Особенно важно учитывать строение речных систем, их структуру при проведении палеогеографических реконструкций и выявлении дифференцированных неотектонических движений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борсук О. А. Река Лена как трансконтинентальная денудационная морфосистема.— В кн.: Проблемы регионального геоморфологического анализа. Л., 1974, с. 28.
2. Гарцман И. Н. Топология речных систем и индикационные исследования.— Водные ресурсы, 1973, № 3, с. 37.
3. Корытный Л. М. Речная сеть — как система.— Докл. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока, 1974, вып. 42, с. 33.
4. Ретеюм А. Ю. Физико-географические исследования и системный подход.— В кн.: Системные исследования. М., 1972, с. 90.
5. Симонов Ю. Г. Региональный геоморфологический анализ. М.: МГУ, 1972. 249 с.
6. Симонов Ю. Г. Соотношение анализа морфоструктур и морфосистем в Забайкалье.— В кн.: Проблемы регионального геоморфологического анализа. Л., 1974, с. 7.
7. Кружалин В. И. Строение речных систем бассейна озера Ханка и их эволюция в плейстоцене: Автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. геогр. наук. Изд-во МГУ, 1977. 24 с.
8. Крамбейн У., Грейбилл Ф. Статистические модели в геологии. М.: Мир, 1969. 396 с.
9. Симонов Ю. Г. Анализ геоморфологических систем.— В кн.: Актуальные проблемы теоретической и прикладной геоморфологии. Материалы моск. фил. ВГО, М., 1977, с. 69.
10. Архипов Ю. Р., Блажко Н. И. и др. Математические методы в географии. Казань. Изд-во КГУ, 1976. 351 с.
11. Плохинский Н. А. Биометрия. Изд-во МГУ, 1970. 366 с.
12. Кадетов О. К. Опыт применения статистического анализа продольных профилей рек для выявления морфоструктур.— Геоморфология, 1977, № 3, с. 54.
13. Кадетов О. К. Изучение продольных профилей рек в прикладных целях.— Деп. ВИНТИ № 990, 1978 от 21/III.
14. Кадетов О. К., Кленов В. И. Факторы, определяющие относительную глубину эрозионного расчленения (форму продольного профиля).— Вестн. Моск. ун-та. Сер. V геогр., 1978, № 3, с. 95.
15. Герасимов И. П., Мещеряков Ю. А. Понятие «морфоструктура» и «морфоскульптура» и использование их в целях геоморфологического анализа.— В кн.: Рельеф Земли. М.: Наука, 1967, с. 7.

Московский государственный
университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
15.IV.1980

RIVER NETWORK PATTERN INFLUENCE ON RELIEF-FORMING PROCESSES

KADETOV O. K., KRUZHALIN V. I., SIMONOV Yu. G.

Summary

A method of formal description of river systems' structure is introduced, which is based on the stream order and position relative to other elements of the drainage network. Mathematical and statistic techniques are used to analyse the structural control of the valley floor profiles and to reveal the most important morphometric parameters. The relief-forming processes are proved to differ in rate and sometimes in direction within drainage basins which take different position in fluvial geomorphic structure.