

7. Сафьянов Г. А. Энергия рельефообразующих процессов земной поверхности//Рельеф и климат. М.: Моск. фил. ГГО СССР, 1985. С. 23—37.
8. Иванов С. С. Энергетический подход к анализу глобального рельефа земной поверхности//Геоморфология. 1989. № 2. С. 3—12.
9. Философов В. П. Значение карты потенциальной энергии рельефа для геоморфологических и неотектонических исследований//Методы геоморфологических исследований. Новосибирск: Наука, 1967. С. 193—198.
10. Поздняков А. В., Черванев И. Г. Самоорганизация в развитии форм рельефа. М.: Наука: 1990. 203 с.

Московский государственный университет  
Географический факультет

Поступила в редакцию  
26.11.93

## ENERGY OF RELIEF

A. I. SPIRIDONOV

### Summary

Energy approach to the surface relief study calls for taking into account the potential energy of the topography, as well as estimating energy of endogenic and exogenic processes involved. The notion of «energy of relief» should be considered in two aspects: 1) as gravitational energy potential of the earth's surface, and 2) as volume energy potential of the relief, that is gravitational energy of mass of rock which composes relief and rises above the equipotential surface of its gravitation field. Both aspects of the relief's potential energy should be taken into account when considering the energy balance of relief-forming processes.

УДК 551.4.03:528.067.4

© 1994 г. С.В. ЛЮТЦАУ

## ПРИНЦИПЫ РАСЧЛЕНЕНИЯ РЕЧНЫХ ДОЛИН НА МОРФОДИНАМИЧЕСКИЕ ТИПЫ ПРИ МЕЛКОМАСШТАБНОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ЦЕЛЕЙ

(на примере Подмосковья)

Флювиальные формы рельефа могут изучаться и картографироваться на трех структурных уровнях: русловом, долинном и бассейновом. Они отличаются друг от друга размером форм, сложностью их строения, степенью динамичности и другими признаками [1]. В данном случае исследование производилось на уровне долин, когда на картах не выделяются русла рек и их бассейны и все внимание геоморфологов сосредотачивается на долинах. В пределах Московского региона, охватывающего бассейн Верхней Волги, долины картографировались нами в мелком масштабе, когда отображение отдельных элементов их рельефа не представляется возможным. В связи с этим пришлось пойти по пути членения долин в продольном направлении на морфодинамические типы, представляющие собой отрезки речных долин разной протяженности, различающиеся по своей морфологии, составу и строению аллювия и степени подвижности речного русла. Данный принцип во многом аналогичен тому, который применяется на русловом уровне при картографировании русел и русловых процессов [2].

Известно множество причин образования разных типов долин [3]. Однако общие закономерности процесса формирования этих типов были раскрыты сравнительно недавно благодаря работам ряда исследователей [4—7 и др.] При решении этого вопроса важно обратить внимание на то, что среди морфодинамических типов речных долин отчетливо различаются две категории форм, отличных по способу своего образования и относящихся друг к другу как

целое и часть. Я имею в виду прежде всего отрезки речных долин, заключенные между узлами слияния близких по размерам водотоков, а также находящиеся в их пределах четковидные расширения и сужения долин. Межузловые отрезки обычно относятся к формам разных порядков и обозначаются цифрами, отражающими их относительные размеры и положение в эрозионной системе. Находящиеся в их пределах четковидные образования именуется расширенными и суженными участками или звеньями долин, которым присваиваются названия, отражающие их внешний облик: теснина, каньон и т. п. (для сужений), пойменная долина (для расширений).

Членение долин и долинных систем на отрезки разных порядков с последующим обособлением в их пределах расширенных и суженных звеньев этих форм отражает, на наш взгляд, существование двух разновидностей процесса концентрации и деконцентрации стока (территориальной и русловой), тесно связанных и постепенно переходящих друг в друга [ 6, 8 ].

Сущность территориальной концентрации состоит в превращении пластовых склоновых потоков во временные русловые водотоки с последующим преобразованием их в реки, размеры которых закономерно возрастают вниз по течению вследствие многократного слияния их друг с другом. Территориальная деконцентрация имеет противоположный характер. В ходе ее крупный русловый поток разветвляется на рукава меньших размеров и в конце концов расплывается по акватории водоприемного бассейна или по поверхности суши. Внешним выражением этих процессов являются полноразвитые бассейны флювиальных систем, включающих в себя систему русел, долин и бассейнов разных порядков в пределах водосбора (результат территориальной концентрации стока) и систему дельтовых проток и рукавов в пределах «водоразбора» (результат территориальной деконцентрации стока).

Сущность русловой концентрации — сосредоточение руслового потока на сравнительно ограниченной площади дна долины, что бывает при спаде паводка, когда пойменный поток возвращается в меженное русло, при врезании реки в глубину, когда пойма превращается в надпойменную террасу, при отмирании проток на дне долины или при их слиянии друг с другом, а также при превращении широкого русла в более узкое, а извилистого — в прямое. Русловая деконцентрация носит противоположный характер. В этом случае русловой поток распределяется по дну долины, что наблюдается при выходе потока из русла на пойму, при отложении наносов на дне реки, что приводит к перемещению русла вверх и к делению его на протоки, а также при превращении узкого русла в более широкое, а прямого в извилистое. Процессы русловой концентрации и деконцентрации проявляют себя как на русловом, так и на долинном уровне. На русловом уровне они выражаются в чередовании плесов и перекатов, а также спрямленных и разветвленных участков русла. На долинном уровне эти процессы находят отражение в смене суженных (при концентрации) и расширенных (при деконцентрации) звеньев речных долин. Они существенно отличаются друг от друга как по внешнему виду, так и по составу и строению рыхлых отложений, что надо учитывать при проектировании в их пределах инженерных сооружений: плотин, водохранилищ, мостовых переходов и т. д. Чередование процессов концентрации и деконцентрации отражает смену типа руслового процесса [ 9 ] и непосредственно связано с динамическими фазами речных долин [ 8 ].

Долины, находящиеся в аккумулятивной фазе, всегда расширены, а в эрозионной сужены. В равновесной фазе долина может быть и широкой и узкой, но облик русла в узком и широком звене в этом случае существенно различен. В сужениях русло всегда более прямолинейно, чем в расширениях. Пойма суженного звена обычно параллельно-гривистая или выровненная, тогда как к расширенным звеньям приурочены поймы сегментного типа [ 10 ].

В связи с вышеизложенным при картографировании речных долин в мелком масштабе целесообразно расчленять их на формы разных порядков с последующим выделением в их пределах расширенных и суженных звеньев, отлича-

ющихся друг от друга по морфологии и динамике руслового процесса, по характеру склоновых процессов и другим признакам. Порядки речных долин, характеризующие их размеры и водность потоков в их руслах, лучше всего отражать на картах линиями той или иной толщины (в зависимости от порядкового номера), а звенья теми же самыми линиями, но разного цвета.

При картографировании долин в пределах крупных речных бассейнов, как в данном случае, число порядков оказывается столь значительным, что это вызывает затруднения при чтении карт. Поэтому мы пошли по пути объединения долин близких порядков в группы, руководствуясь размерами средних многолетних расходов рек, формирующих долины. Группы долин были показаны линиями разной толщины, а порядки форм внутри каждой группы — с помощью соответствующих цифр, проставляемых на картах.

На территории бывшего СССР можно выделить пять групп долин, существенно отличающихся своими размерами, особенностями морфологии и характером их хозяйственного использования: величайшие, крупные, средние, малые и мельчайшие. Однако на составленных нами картах показаны лишь крупные (расход 180 м<sup>3</sup>/с), средние (расход 10—180 м<sup>3</sup>/с) и малые (расход 2—10 м<sup>3</sup>/с) формы, поскольку величайшие долины в Подмоскovie отсутствуют, а мельчайшие не могут быть отражены на картах принятого нами масштаба (1 : 4 000 000).


При выделении порядков долин (и их нумерации) мы применили метод отчасти противоположный тому, который обычно используется геоморфологами (метод Философова — Страллера), т. е. приступали к работе не с начальной (самой малой), а с конечной (самой крупной) долины флювиальной степени и двигались в ее бассейне не сверху вниз, а снизу вверх (против течения). В результате начальные водотоки и их долины, находящиеся в верховьях флювиальной системы, обозначаются самыми большими и притом разными цифрами, отражающими различия в водности исходных потоков и размерах их долин, которые действительно наблюдаются в природе. Основное преимущество данного метода состоит в том, что в процессе выделения порядков составитель карты «двигается» от крупных и хорошо изученных форм, отчетливо выраженных на топокартах, к формам малым, изученным слабо и отраженным на топографической основе в обобщенном виде. В результате количество ошибок в нумерации порядков снижается, а сами они становятся несущественными, поскольку возможны лишь в отношении самых малых форм. Преимущества данного метода особенно заметны при мелкомасштабном картографировании, поскольку начальные эрозионные формы (промоины, ложбины, овраги) на топографических картах мелкого масштаба вообще не показываются, а использование крупномасштабных карт для больших территорий нецелесообразно ввиду большой трудоемкости такой работы.

При выделении порядков речных долин в пределах Московского региона, охватывающего бассейн Волги выше устья Ветлуги, мы производили отсчет порядков от места слияния Волги и Камы, ниже которого долина Волги была отнесена к формам III порядка. При этом мы исходили из общей иерархии русловых потоков суши, согласно которой самой крупной рекой мира (рекой I порядка) является Амазонка (средний многолетний расход 3500 м<sup>3</sup>/с). На втором месте стоят близкие по своим размерам Обь, Енисей, Лена, Миссисипи (расход 21250 м<sup>3</sup>/с), а не третьем — Волга ниже устья Камы (расход 8250 м<sup>3</sup>/с). При разделении на порядки крупных долин нашего района мы пользовались данными о их водности, отраженными на картах в работах Л. К. Давыдова [11] и Н. А. Ржаницына [5]. При выделении порядков у средних долин использовались материалы гидрологических наблюдений за расходами рек на гидропостах, а также данные о морфологии долин, отраженные на топокартах. Порядки малых долин устанавливались исключительно по морфологическим данным. Руководствуясь этими материалами, мы отнесли долину Оки (в низовьях) и долину Волги выше устья Оки к формам V порядка, долину Оки в пределах Московской области к VI порядку, так же как и отрезок долины Волги у северных границ области. Река Москва ниже канала отнесена к водотокам VII порядка. А выше по течению — к


МОРФОДИНАМИЧЕСКИЕ ТИПЫ РЕЧНЫХ ДОЛИН МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

I. Долины крупных водотоков /VI порядка/.

A. Звенья русловой концентрации стока.


а б Выработанные потоком /флювиальные/  
 Узкопойменные: predetermined /а/ и самопроизвольные /б/

Б. Звенья русловой деконцентрации стока.


а б Созданные потоком /флювиальные/  
 Широкопойменные: predetermined /а/, самопроизвольные /б/

II. Долины средних водотоков /VII, VIII, IX порядков/.


A. Звенья русловой концентрации стока.


Выработанные потоком /флювиальные/  
 Узкопойменные

Б. Звенья русловой деконцентрации.

1. Созданные потоком /флювиальные/  
 Широкопойменные


2. Унаследованные от форм иного генезиса


 Озерные


 Зандровые

III. Долины малых водотоков /X, XI, XII, XIII порядков/.


1. Флювиальные нерасчлененные на звенья


 Долины X порядка


 Долины XI порядка

 Долины XII и XIII порядка


2. Отдельные звенья долин, унаследованные от форм иного генезиса


 Озерные


 Зандровые

 Озерно-зандровые

IV. Прочие условные обозначения.


 Озера и водохранилища

 Каналы

 Крутые склоны асимметричных долин

УП, УШ и т.д. Номера порядков

1 Границы долин разных порядков

 Границы Московского ледника /а/ и Московской области /б/

VIII порядку. Далее следуют отрезки долин IX—XIII порядков. Тринадцатый порядок является последним из изображенных нами на карте морфодинамических типов речных долин Московской области в м-бе 1 : 4 000 000 <sup>1</sup>. Долины эти обычно представляют собой балки, созданные временными водотоками. Они недостаточно отчетливо выражены на картах м-ба 1 : 100 000, которые были использованы при выделении порядков.

Руководствуясь вышеизложенными принципами, нами была создана легенда (рисунок) для карты морфодинамических типов речных долин Московской области, составленной в м-бе 1 : 4 000 000. В этой легенде долины подразделены на три группы.

Первый раздел легенды, посвященный долинам крупных водотоков, включает в себя лишь формы VI порядка, поскольку более крупные долины на данной территории не встречаются. Среди них выделяются звенья русловой концентрации стока (A) и звенья русловой деконцентрации стока (Б). Первые представля-

<sup>1</sup> Карта составлена автором на кафедре геоморфологии.

ют собой узкие участки речных долин. Они показаны на карте полосками красного цвета толщиной в 2 мм. На равнинах в их пределах развивается не только глубинная, но и боковая эрозия, сопровождаемая аккумуляцией аллювия, в ходе которой возникает параллельно-гвивистая пойма, не достигающая, однако, большой ширины. Поэтому эти звенья названы нами узкопойменными. Местоположение их может быть предопределено выходами стойких коренных пород или локальными тектоническими поднятиями. Такие звенья именуются предопределенными (а), а местоположение их отмечается штриховкой, наносимой на красный фон. Положение других узкопойменных участков зависит от местных особенностей руслового процесса, часто меняющихся во времени и пространстве. Такие звенья названы самопроизвольными (б). Штриховка в этих местах не наносится.

Звенья русловой деконцентрации создаются потоком не только в результате боковой эрозии, проявляющей себя в данном случае в полной мере, но и вследствие прогрессирующей аккумуляции. Под влиянием этих процессов образуются расширения долин, нередко заполненные аллювием повышенной мощности. Мы называем их широкопойменными и подразделяем, как и предыдущие, на предопределенные (а) и самопроизвольные (б). Местоположение первых связано с выходами податливых коренных пород или локальными тектоническими опусканиями. Местоположение вторых обусловлено местными особенностями русловых процессов. Широкопойменные звенья показываются полосой зеленого цвета, толщина которой определяется шириной дна долины в масштабе карты, но не менее 2 мм. Предопределенные (а) и самопроизвольные (б) звенья отражаются на картах с помощью штриховки, которая либо наносится на цветной фон, либо нет.

Второй раздел легенды, характеризующий долины средних водотоков, включает формы VII—IX порядков. Как и в предыдущем разделе, они делятся на звенья, обусловленные русловой концентрацией (А) и деконцентрацией (Б) стока, обозначаемыми более тонкими (1 мм) линиями красного и зеленого цвета. Среди них есть, конечно, предопределенные и самопроизвольные звенья, но на карту они не нанесены и в данном разделе легенды не отражены, ибо протяженность их у средних долин столь мала, что это оказывается невозможным в масштабе карты. Среди звеньев русловой деконцентрации выделяются не только широкопойменные участки, созданные потоком (1), но и расширения, унаследованные от форм иного генезиса (2)<sup>2</sup>. Одни из них (озерные) представляют собой котловины древних водоемов, заполненные глинами и торфом, в которые вложены речные отложения, а другие (зандровые) являются бывшими ложбинами стока ледниковых вод и выполнены флювиогляциальными песками и галечниками. На карте они показываются с помощью ряда точек синего (для озерных) или оранжевого (для задровых) цвета, проставляемых по краям зеленой полосы, обозначающей широкопойменное днище долины.

Третий раздел легенды, посвященный долинам малых водотоков, охватывает формы X—XIII порядков, которые показаны одноцветными (синими) линиями, толщина которых убывает по мере возрастания номера порядка. Членение на звенья не проводится. Исключение делается лишь для отдельных расширенных звеньев малых долин, унаследованных от форм нефлювиального происхождения (озерных, задровых, озерно-задровых), и только в том случае, когда их ширина в несколько раз превышает среднюю ширину поймы данной реки.

Карта долин, составленная по охарактеризованным выше принципам, позволила выявить целый ряд закономерностей в пространственном положении долин разных типов. Она подтвердила и детализировала наши представления о зональности долинного морфогенеза. Московская область целиком лежит в пределах зоны прерывистого долинообразования (в ее южной подзоне), где в течение

<sup>2</sup> Расширения долин, унаследованные от форм нефлювиального генезиса, в принципе возможны и у крупных долин, но на территории Московской области таковые не обнаружены и поэтому в предыдущий раздел легенды не включены.

плиоцена и четвертичного периодов долинообразующие процессы (русловые и склоновые) чередовались с гляциальными [12]. Изучение карты показало, что зональность проявляется в облике долин и внутри этой подзоны. Так, например, на юго-востоке Московской области встречаются крупные долины (р. Оки) с правосторонней асимметрией и полным комплексом надпойменных террас. На северо-западе таких долин нет. В широко распространенных там долинах средних водотоков часто встречаются звенья, унаследованные от озерных котловин и ложбин стока талых ледниковых вод. На юго-востоке их меньше, а южнее широтного отрезка долины Оки вообще нет. Зато здесь чаще встречаются звенья, предопределенные выходами стойких горных пород или локальными тектоническими движениями новейшего времени.

На стадии составления схематических проектов инженерных сооружений подобные карты позволяют выбирать участки речных долин, наиболее пригодные для гидроузлов и водохранилищ, мостовых переходов, переходов трубопроводов, а также трассировать транспортные коммуникации [13]. Поскольку мощность ГЭС определяется напором и расходом, а эти характеристики непосредственно связаны с порядком речных долин, представляется возможным при помощи карты давать приближенную оценку энергетического потенциала будущей ГЭС для любого суженного звена речной долины, чему будет посвящена отдельная статья.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лютцау С. В. Методологические вопросы изучения флювиального рельефа // Изв. ВГО. 1990. Т. 122. Вып. 5. С. 425—431.
2. Беркович К. М., Кирик О. М., Сваткова Т. Г., Чалов Р. С., Чернов А. В. Принципы составления карты русловых процессов на реках СССР в масштабе 1 : 4 000 000 // Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях. М.: Изд-во МГУ, 1981. С. 283—285.
3. Шукин И. С. Опыт генетической классификации долин // Проблемы физической географии. 1940. Т. 9. С. 3—34.
4. Хортон Р. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. М.: Госинлитиздат, 1948. 158 с.
5. Ржаницын Н. А. Морфологические и гидрологические закономерности строения речной сети. Л.: Гидрометеиздат, 1960. 238 с.
6. Курдюмов Л. Д. Закономерности эрозионно-аккумулятивного процесса. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 128 с.
7. Маккавеев Н. И., Чалов Р. С. Русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 1986. 264 с.
8. Динамическая геоморфология: учебное пособие / Под ред. Г. С. Ананьева, Ю. Г. Симонова, А. И. Спиридонова. М.: Изд-во МГУ, 1992. 448 с.
9. Смищенко Б. Ф. Типы руслового процесса и их возникновение // Тр. ГГИ. 1980. Вып. 263. С. 4—40.
10. Лютцау С. В. Основы геоморфологии. Ч. I. М.: Изд-во МГУ, 1971. 146 с.; Ч. II. 1978. 183 с.
11. Давыдов Л. К. Водоносность рек СССР, ее колебания и влияние на нее физико-географических факторов. Л.: Гидрометеиздат, 1947. 162 с.
12. Лютцау С. В. Зональность и азональность долинного морфогенеза // Рельеф и климат. М.: Изд. МФГО СССР, 1985. С. 47—54.
13. Симонов Ю. Г., Кружалин В. И. Инженерная геоморфология. М.: Изд-во МГУ, 1993. 208 с.

Московский государственный университет  
Географический факультет

Поступила в редакцию  
16.11.93

#### PRINCIPLES OF RIVER VALLEYS DIFFERENTIATION INTO MORPHODYNAMIC TYPES IN SMALL-SCALE MAPPING FOR ENGINEERING PURPOSES

S. V. LUTZAU

#### S u m m a r y

A necessity is shown to classify river valleys not only into different orders, but also to distinguish broad and narrow links within valley of a certain order. Any difference between valleys of different order is due to areal concentration of runoff, while differentiation into links results from alternation of concentration and

deconcentration of channel flow, which is typical of rivers. The process is further complicated by external factors, such as outcrops of rocks different in resistance to erosion, local tectonic movements or inherited non-fluvial features. The stated positions are used as a basis of a map of river valleys.

УДК 551.438.5 : 622.2

© 1994 г. Г. А. ЗАЙЦЕВ

## ПРИРОДОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОТКРЫТОГО СПОСОБА ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Природосберегающая технология (ПСТ) — это направленный процесс приведения современного производства к экологически оправданным формам, не разрушающим среду обитания человека, путем внедрения ресурсосберегающих (РСТ), малоотходных (МОТ), утилизационных (ТУО) и защитно-очистных (ЗОТ) технологий, организации производственного процесса в виде замкнутых безотходных циклов [1]. Реализация этого процесса в горнодобывающей промышленности прежде всего связана с технологиями вскрышных работ, обеспечивающих восстановление рельефа и рекультивацию нарушенной территории в едином технологическом цикле добычи и обогащения полезных ископаемых.

Рельеф территории в пределах контура разрабатываемого месторождения меняется не менее трех раз. Сначала при строительстве карьера и организации сельского хозяйства возникают основные техногенные формы: денудационные — выемки, траншеи, уступы, откосы и аккумулятивные — насыпи, внешние и внутренние отвалы, хвосты и шламохранилища. В процессе эксплуатации карьера происходит накопление техногенных форм рельефа, расширение площадей, занимаемых ими. И наконец, производятся разравнивание и планировка поверхности отвалов, выколаживание и стабилизация откосов, стенок и уступов, химическая мелиорация фитотоксичных грунтов, нанесение на подготовленную поверхность слоев плодородных грунтов.

Размеры и морфология техногенных форм целиком определяются параметром и мощностью горно-транспортного оборудования, применяемого при строительстве, эксплуатации и рекультивации карьера. Параметры горных машин впечатляют. Они способны создавать техногенные формы, по размерам не уступающие природным орографическим образованиям. Глубины современных карьеров достигают 800—1000 м, а высоты внешних ярусных отвалов 200—300 м, что вполне сравнимо с высотой Жигулевских гор или крымских и кавказских лакколитов.

На роторные многоковшовые экскаваторы (ЭРШРД-1000, 5000) часовой производительностью 1000 и 5000 м<sup>3</sup> вскрыши приходится 87% всей вскрыши. Широко используются драглайны с ковшами вместимостью 13, 20, 40, 60 и 100 м<sup>3</sup> и длиной стрелы от 40 до 100 м. Транспортировка вскрыши во внешние отвалы производится электрифицированным железнодорожным транспортом (думкары) грузоподъемностью 80—100 т и автосамосвалами грузоподъемностью 110—170 т (Белаз 75211). Свой вклад в формирование техногенного рельефа вносят шарошечные буровые станки с глубиной бурения 60 м (СБШ320/380). Разрыхление горного массива взрывами перед фронтом вскрышных работ определяет размеры фрагментов крепких горных пород в грунтосмесях отвалов. Интенсивность эрозии отвалов зависит от состава грунтосмесей и крутизны откосов, целиком определяемых параметрами горнотранспортного оборудования.

В связи с этим возникает задача оптимизации техногенного рельефа. С целью экономии на транспорте горной массы поддерживают максимально допустимые