

ПРОДОЛЬНЫЕ ПРОФИЛИ, ВЕРТИКАЛЬНЫЕ РУСЛОВЫЕ ДЕФОРМАЦИИ И ИХ СВЯЗЬ С ТИПАМИ РУСЕЛ НА РЕКАХ КАМЧАТКИ¹

Введение

Особенности геологического строения территории, водный режим рек, сток наносов, дополнительное поступление в русловую сеть обломочного материала, а также антропогенные факторы определяют направленность и интенсивность развития вертикальных русловых деформаций. Исследования условий и темпов развития вертикальных русловых деформаций обычно охватывают большие территории и, соответственно, оказываются из-за их мелкомасштабности сильно обобщенными. Так на схеме районирования Восточной Европы и Азии полуостров Камчатка почти целиком относится к зоне средней интенсивности врезания рек, и лишь нижний участок реки Камчатки оказывается в зоне слабой аккумуляции [1]. На самом деле распространение участков преимущественного врезания или аккумуляции рек на полуострове гораздо сложнее.

Отражением особенностей проявления вертикальных деформаций являются форма продольного профиля и распределение частных уклонов по длине рек. Врезание реки на данном участке приводит к уменьшению продольного уклона, поскольку снижение отметок дна сопровождается снижением уровня водной поверхности. Аккумуляция наносов, наоборот, обуславливает повышение отметок дна русла и подъем уровня воды в реке, вследствие чего уклон ее по сравнению с нижележащими участками возрастает.

Формирование продольных профилей рек в условиях восходящего развития рельефа, сопровождающегося глубинной эрозией, характерно для большинства горных районов. В предгорьях и на равнинах скорость поднятия территории на порядок меньше или же поднятие сменяется тектоническим опусканием. Причем в горных районах русла крупнейших рек на значительном протяжении интенсивно врезаются (Срединный и Восточный хребты, вулканические районы Камчатки), тогда как для их притоков возможна, напротив, аккумуляция наносов, обусловленная подпорными явлениями главной реки, связанными с различиями в водности сливающихся рек. В предгорьях и на равнинах сложно чередуются участки врезания и систематической направленной аккумуляции наносов (Западно-Камчатская и Центрально-Камчатская равнины), что может быть связано с изменениями по длине реки транспортирующей способности потока, обусловленной пересечением реками крупных орографических структур.

Продольные профили и вертикальные русловые деформации рек Камчатки

Для определения величин частных уклонов по длине рек на основе карт м-ба 1:100000 и полевых исследований 2005–2007 гг. были построены продольные профили крупнейших рек полуострова – Камчатки, Быстрой (Большой), Авачи, Ичи, а также некоторых их притоков и небольших рек – Быстрой (Эссовской), Плотниковой, Ключевки, Кроноцкой, системы рек Китхажинец – Первая Красная.

Для оценки направленности и величины вертикальных деформаций были построены кривые связи уровней и расходов воды по гидрологическим постам, расположенным на реках в разных геоморфологических районах полуострова. Смещение кривых на графиках связи от года к году вверх или вниз позволяет судить, соответственно, о

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 06-05-64293).

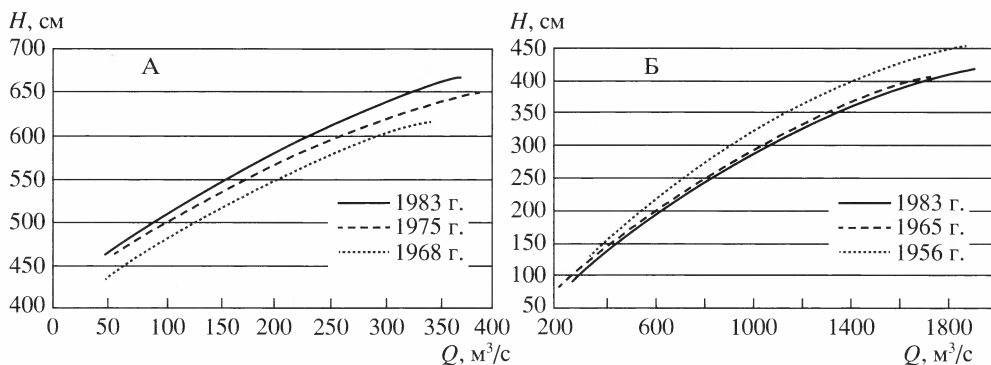


Рис. 1. Кривые связи расходов и уровней воды, отражающие процесс: А – аккумуляции (р. Камчатка – с. Верхне-Камчатск), Б – врезания (р. Камчатка – с. Козыревск)

накоплении аллювия и повышении дна реки (рис. 1, А) или о его размыве (рис. 1, Б). По величине изменения уровня при одном и том же расходе воды можно количественно оценить интенсивность процесса аккумуляции или глубинной эрозии в данном створе (таблица). Для нижнего течения большинства рек п-ова Камчатка характерна аккумулятивная деятельность, главным образом, для притоков рек и для крупных равнинных рек. Накопление наносов происходит также на реках, протекающих в вулканических районах в условиях поступления большого количества обломочного материала в русло. Процессы врезания наиболее характерны для рек горных районов, а также для участков рек, испытывающих дефицит наносов ввиду их аккумуляции выше по течению.

Поскольку вертикальные русловые деформации отражают трансформации продольных профилей рек, то необходимо сопоставление характеристик русловых деформаций с продольными профилями исследуемых рек и сравнение последних с моделями, в которых распределение уклонов отвечает выровненной транспортирующей способности потока по длине русловой системы, наступающей благодаря постоянно происходящим процессам эрозии, транспорта и аккумуляции наносов. Выработанный продольный профиль имеет сравнительно стабильную форму, соответствующую выровненной транспортирующей способности потока и установившимся определенным соотношениям между ней и уклоном [2]. Считается, что главным фактором, влияющим на форму продольного профиля, является расход воды Q . Обобщенная зависимость для расчета выработанного продольного профиля, предложенная Н.И. Маккавеевым [2], имеет вид:

$$QI = \text{const}, \quad (1)$$

отражая закономерное уменьшение уклона рек (I) вниз по течению в соответствии с увеличением ее водности в условиях гумидного климата, свойственного п-ову Камчатка. В связи с этим наиболее распространенной на реках Камчатки является вогнутая форма продольного профиля. Преимущественно восходящее развитие рельефа изучаемой территории также способствует образованию вогнутой формы [3].

Однако механизм образования выработанного продольного профиля реки зависит не только от ее водоносности, но и от крупности руслообразующих наносов и ее изменений по длине реки. В связи с этим для расчета выработанного продольного профиля некоторых рек Камчатки была выбрана формула Р.С. Чалова [4]:

$$IQ^{1/2}d^{(-1/2)} = \text{const}, \quad (2)$$

где I – продольный уклон реки, Q – расход воды, d – крупность руслообразующих наносов. Эта формула отражает закономерный рост или снижение уклонов в соответ-

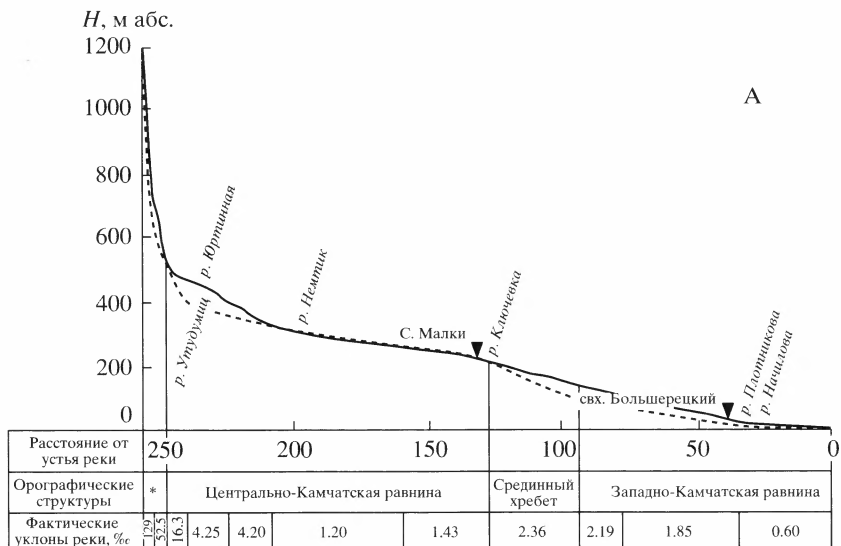
Река – пост	Бассейн реки (моря, океана)	Скорость врезания (–)/аккумуляции (+), см/год	Тип русла
Камчатка – с. Пушино	Тихий океан	1.02	Полугорное
Камчатка – с. Верхне-Камчатск		1.93	Равнинное
Камчатка – с. Долиновка		–1.45	Равнинное
Камчатка – с. Козыревск		–1.7	Равнинное
Камчатка – с. Ключи		0.2	Равнинное
Камчатка – с. Большие Щеки		–2.5	Равнинное
Правая Камчатка – ур. Бугры	р. Камчатка	0.2	Горное, 1*
Кавыча – ур. Шаромский мыс		6	Горное, 1
Кирганик – с. Кирганик		2.8	Полугорное
Щапина – с. Щапино		–1.1	Полугорное
Толбачик – с. Толбачик		0.84	Горное, 1
Быстрая – с. Эссо		–0.7	Горное, 2*
Уксичан – с. Эссо		0.44	Горное, 1
Быстрая – с. Малки	р. Большая (Быстрая)	0.23	Полугорное
Ключевка – с. Малки		0.67	Полугорное
Плотникова – п. Дальний		0.22	Горное
Банная – пост № 2		–0.86	Горное
Начилова – с. Карымай		0.17	Равнинное
Авача – з. Дьяконова	Тихий океан	0.63	Полугорное
Авача – г. Елизово		–2.25	Полугорное
Туамок – 3 км от устья	р. Авача	0.6	Горное, 2
Большая Воровская – с. Соболево	Охотское море	2.22	Равнинное
Средняя Воровская – ур. Ашово	р. Большая Воровская	–1.83	Полугорное
Тигиль – с. Тигиль	Охотское море	0.55	Полугорное

* Типы горного русла с аллювиальными формами: 1 – развитыми, 2 – неразвитыми.

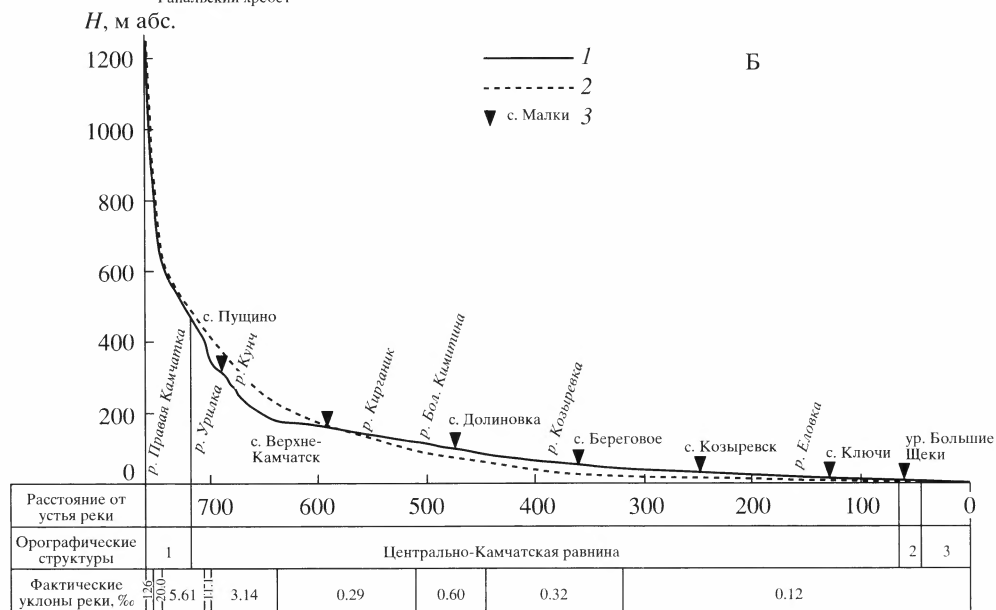
ствии с увеличением или уменьшением крупности руслового аллювия на фоне закономерного изменения водности реки. Действительно, галечное русло р. Быстрой (Большой) сменяется галечно-валунным в среднем течении, где река пересекает Срединный хребет; уклоны русла здесь возрастают более чем в 2 раза – от 1 до 2.3‰, а продольный профиль приобретает выпуклую форму (рис. 2, А).

На крупнейших реках полуострова вогнутая форма продольного профиля прослеживается наиболее четко. Для них характерен резкий перегиб профиля при выходе из горных районов на равнину. Резкое уменьшение уклонов русла соответствует расширению дна долины, уменьшению количества и крупности поступающего со склонов материала, а следовательно, снижению затрат энергии потока на транспорт наносов. Подобный перегиб наиболее четко выражен на реках, которые стекают с гор и далее на значительном протяжении протекают по равнине, – Быстрой (Большой) (рис. 2, А), Камчатке (рис. 2, Б), Иче.

В горных районах положение кривой продольного профиля практически на всех реках совпадает с кривой выработанного профиля. В верховьях рек происходит интенсивное поступление грубообломочного материала со склонов долин в речные русла и в условиях очень больших уклонов последних – вынос его вниз по течению. При переходе от гор к равнинам резко снижаются уклоны русел при плавном увеличении водности реки, что обуславливает уменьшение транспортирующей способности потока и отложение руслообразующих наносов на таких участках. Так, на р. Камчатке имеет место аккумуляция наносов на участке 720–580 км от устья, о чем свидетельствует положение кривой рассчитанного продольного профиля выше фактического



*-Ганальский хребет



1-Срединный хребет, 2-Восточный хребет, 3-Восточный приморский район

Рис. 2. Продольные профили рек: А – р. Быстрой (Большой), Б – р. Камчатки *Продольный профиль*: 1 – фактический, 2 – выработанный; 3 – гидрологические посты

(рис. 2, Б) и оценка вертикальных деформаций по сопоставлению кривых $Q = f(H)$ за разные годы (таблица). По данным постов Пушино и Верхне-Камчатск, темпы аккумуляции составляют 1 и 1.9 см/год, соответственно. Ниже г.п. Верхне-Камчатск, благодаря аккумулятивной деятельности реки, выше по течению объем переносимых наносов оказывается ниже транспортирующей способности потока, что вместе с общим поднятием Центрально-Камчатской равнины (порядка 500 м за новейший тектонический период) [5] приводит к врезанию реки. О наличии процессов эрозии свидетельствуют взаимное положение рассчитанного и фактического продольных профилей, а

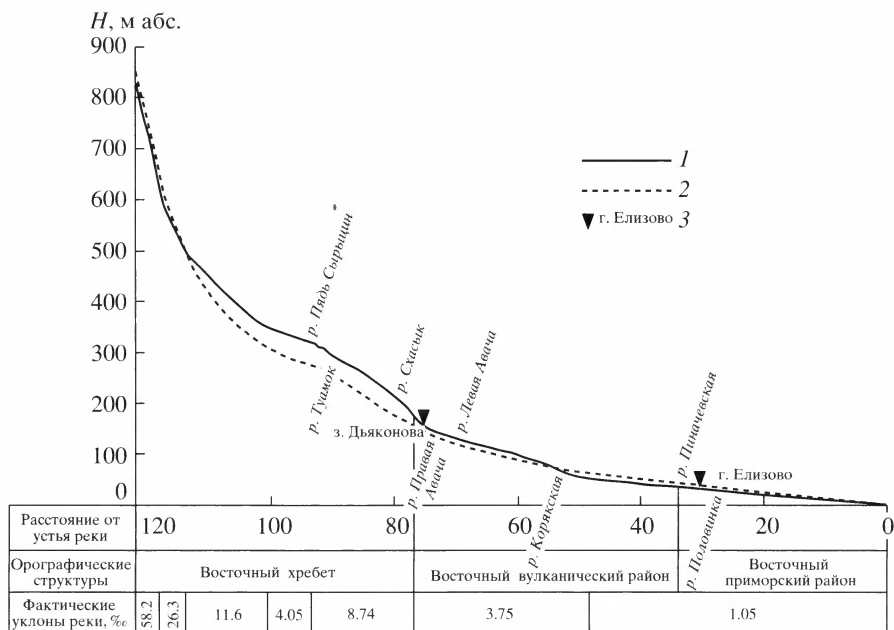


Рис. 3. Продольный профиль р. Авачи
Усл. обозначения см. рис. 2

также сопоставление кривых $Q = f(H)$ по постам Долиновка и Козыревск – темпы врезания русла р. Камчатка здесь составляют -1.5 и -1.7 см/год, соответственно (таблица).

В среднем и нижнем течении р. Камчатка протекает вблизи районов действующих вулканов, что обуславливает поступление в речной поток большого количества пирокластического материала, который аккумулируется преимущественно в нижнем течении реки – по данным г.п. Ключи темпы накопления наносов составляют 0.5 см/год (таблица). О процессах аккумуляции ниже впадения р. Еловки можно судить по большому количеству пойменных озер. Однако кривая рассчитанного продольного профиля вплоть до самого устья реки оказывается ниже кривой фактического профиля (рис. 2, Б), что не соответствует протекающим на данном участке аккумулятивным процессам. В данном случае при расчете выработанного продольного профиля реки необходимо уточнение формулы (2). Ее использование оказывается неправомерным для рек, протекающих по территории или вблизи вулканических районов, поскольку в составе их руслообразующих наносов значительная доля принадлежит пористым пирокластическим обломкам, которые при своих значительных размерах (d) имеют небольшой вес и могут переноситься потоком на большие расстояния аналогично наносам малой крупности, но с большим удельным весом. В подобных случаях в модели требуется учет плотности обломков, поступающих в поток, т.е. $I = f(Q^{-m}, d, \rho_H^{-n})$.

Средние и малые реки, протекающие на достаточно большом протяжении в горных районах, имеют слабовогнутую форму продольного профиля, перегиб профиля при выходе их на равнину выражен слабее – реки Авача (рис. 3), Быстрая (Эссовская), Ключевка, Первая Красная. В горных районах, в условиях общего тектонического поднятия территории преобладают процессы глубинной эрозии в руслах рек. Однако общая тенденция врезания рек горных районов нередко нарушается участками преимущественно аккумулятивной деятельности рек в силу местных причин. Анализ кривых $Q = f(H)$ для малых горных рек, являющихся притоками более крупных, показы-

ваает, что в нижнем течении все они преимущественно аккумулируют. Накопление наносов обусловлено тем, что главная река оказывает подпорное воздействие на свои притоки. Так, вертикальные деформации русла в нижнем течении р. Ключевки, впадающей в р. Быструю (Большую), контролируются главной рекой, которая является базисом эрозии по отношению к притоку. Кривая продольного профиля р. Ключевки в низовьях совпадает с рассчитанной кривой, что свидетельствует о достижении рекой на данном участке состояния выработанного продольного профиля. Но на р. Быстрой (Большой) в месте впадения р. Ключевки наблюдается аккумуляция наносов, т.е. базис эрозии р. Ключевки постепенно повышается, что приводит к положительной направленности вертикальных русловых деформаций на притоке (таблица). Подобные явления аккумуляции наносов в нижнем течении небольших рек зафиксированы на р. Туамоке (приток р. Авачи), р. Уксичане (приток р. Быстрой (Эссовской)), р. Правой Камчатке (приток р. Камчатки).

В нижнем течении многих рек полуострова (Тигиль, Ича, Большая Воровская, Большая, Первая Красная) фактический продольный профиль совпадает с выработанным. Здесь реки имеют малые уклоны, полугорные русла обычно сменяются равнинными. Кроме того, при выходе горных рек на равнину резко расширяются их долины, уменьшаются удельные расходы воды и уклоны русла. Все это обуславливает снижение транспортирующей способности потока и отложение наносов. Сопоставление кривых $Q = f(H)$ для рек Тигиль, Большая Воровская, Начилова за разные годы подтверждает преимущественно аккумулятивную деятельность равнинных рек (таблица). Этому способствует устьевое удлинение рек, вызывающее регрессивную аккумуляцию.

Для рек, вытекающих из озер, характерна сложная форма продольного профиля – в верхнем течении выпуклая, ниже по течению слабо вогнутая. На р. Плотниковой происходит увеличение уклонов от истока вниз по течению (от 1.3 до 4.2‰) и, следовательно, выпуклая форма продольного профиля отражает особенности геоморфологического строения бассейна реки. Она берет начало из оз. Начикинского и в верхнем течении протекает по широкой межгорной котловине. Поскольку реки, вытекающие из озер, содержат очень малое количество наносов, их продольный профиль на некотором расстоянии от истока может иметь выпуклую форму [2]. Ниже по течению река постепенно насыщается наносами, долина оказывается зажатой между Ганальским (Восточным) и Срединным хребтами справа и хребтами Восточного вулканического района слева, уклоны русла увеличиваются. В 73.1 км от устья, ниже впадения р. Тойонской долина резко расширяется, так как река выходит здесь на Западно-Камчатскую равнину, продольный профиль выполаживается.

Для р. Кроноцкой также характерно нарастание уклонов от истока (река берет начало из оз. Кроноцкого) вниз по течению от 2 до 35‰. Столь резкое увеличение уклонов связано с тем, что река большей частью протекает в горном районе; после выхода из озерной котловины ее долина оказывается сильно стесненной хребтами, и на расстоянии 15 км река имеет падение 330 м. Большой уклон реки способствует формированию русел горных типов, в среднем течении имеется множество порогов. Лишь достигая равнины, уклоны русла резко уменьшаются, форма продольного профиля становится вогнутой.

Рассчитанный продольный профиль рек, вытекающих из озер, имеет наименее вогнутую форму по сравнению с другими реками Камчатки, что обусловлено зарегулированностью стока озерами в верхнем течении; для рек характерна сравнительно небольшая крупность руслообразующих наносов, а следовательно, малые уклоны русла в верховьях.

Ступенчатость продольных профилей рек Камчатки

Плавность изменения уклонов водной поверхности рек нередко нарушается, и в продольном профиле обнаруживаются перегибы и ступени. Причины их образования различны.

Во-первых, они связаны с различной литологией коренного дна, крупностью и формой частиц аллювия, их плотностью, крутизной склонов долины, формой русла. На крупных реках перегибы продольного профиля на фоне общей вогнутости соответствуют чередованию сужений и расширений долины. Так, резкое сужение долины р. Быстрой при пересечении ею Срединного хребта, сложенного гнейсами, гранито-гнейсами и слюдяными сланцами, приводит к увеличению уклонов по сравнению с вышележащими участками в пределах Центрально-Камчатской депрессии (рис. 2, А). Долина реки глубоко врезана, что способствует активному проявлению склоновых процессов и поступлению большого количества крупнообломочного материала в русло. Чтобы компенсировать затраты энергии на преодоление шероховатости дна и обеспечить транспорт наносов, поток увеличивает уклон (с 1 до 2.4‰) и, как следствие, скорости течения (от 1 до 1.2 м/с).

Во-вторых, выполаживание продольного профиля происходит в местах слияния главной реки с крупными притоками, имеющими соизмеримую водность. Подобная ситуация наблюдается при впадении р. Карымчины в р. Плотникову (38.5 км от устья), рек Кагнисина и Утудумица в р. Быструю (225–228 км от устья), реклевой и Правой Авачи в р. Авачу.

В-третьих, если притоки выносят наносы более крупные, чем главная река, то уклон последней ниже узла слияния повышается. Подобные примеры можно найти на многих реках Камчатки: в верхнем течении р. Быстрой (Большой) ниже устьев рек Юртинной и Кедровки, расположенных на высоте около 420 м (рис. 2, А); на р. Быстрой (Эссовской) ниже устьев рек Димшикан ($H = 600$ м) и Уксичан ($H = 480$ м); на р. Камчатке ниже устья р. Правой Камчатки ($H = 400$ м) и ниже устьев рек Берш и Урилка ($H = 310$ м) (рис. 2, Б). Здесь уклон русла на всех трех реках увеличивается по сравнению с уклонами на сопредельных участках приблизительно вдвое. Это связано с тем, что притоки перед впадением в главную реку имеют существенно большие уклоны, чем принимающая их река, на всем своем протяжении протекают в узких долинах и выносят в нее значительное количество обломочного материала большой крупности, поступающего в их русла с крутых склонов горных хребтов [2].

В среднем течении р. Авачи на некотором протяжении (75–100 км) ее продольный профиль имеет выпуклую форму – уклон реки в 100 км от устья составляет 4‰, а к 75 км от устья увеличивается почти в 3 раза, достигая 11.1‰ (рис. 3). Постепенное выполаживание продольного профиля реки обусловлено расширением долины по мере перехода от гор к равнинам. Однако ниже по течению (95–75 км от устья) в реку впадает большое количество притоков (реки Падь Сырышин, Туамок, Схасык), которые стекают с крутых горных склонов. Они незначительно увеличивают водность реки, но выносят в нее большое количество крупнообломочного материала, для транспорта которого требуется увеличение уклона русла в соответствии с зависимостью $d = f(I)$ [3]. Ниже по течению, на 75–70 км от устья, впадение реклевой Авачи и Правой Авачи приводит к увеличению водности главной реки в 2 раза, что обуславливает рост мощности и транспортирующей способности потока. Создаются условия, благоприятные для выноса крупнообломочного материала, поступающего в русло реки, активизируются процессы глубинной эрозии, происходит постепенное выполаживание продольного профиля. К настоящему времени он практически достиг положения выработанного профиля, что еще сильнее подчеркивает выпуклую форму профиля на участке выше по течению, где скорости врезания значительно меньше.

В-четвертых, крупные ступени продольного профиля определяются чередованием зон тектонических поднятий и опусканий [2]. При тектоническом поднятии территории глубинная эрозия вскрывает прочные горные породы, что служит причиной образования перегибов продольного профиля. Такая ситуация наблюдается на р. Большой (Быстрой) при пересечении ею Срединного хребта. Локальным отрицательным структурам (Центрально-Камчатская депрессия) обычно соответствуют расширенные участки долины, где река течет по аллювиальному ложу и имеет более пологий уклон.

Ступенчатость продольного профиля может рассматриваться как в мелком, так и в крупном масштабе. Ступени размерами 10–20 км обуславливаются внешними причинами – тектоническими, геологическими. Крупные ступени, связанные с пересечением реками горных хребтов, остаются четко выраженными даже при выработанном продольном профиле (рис. 2, А; 3). Менее крупные ступени, размером несколько километров, соответствуют участкам впадения притоков. Наконец, многочисленные ступени размерами десятки метров наиболее характерны для порожистой водопадных русел, распространенных в верхних звеньях речной сети. Здесь ступени продольного профиля резкие; их линейные размеры и расстояния между ними зависят от водности рек.

Связь продольных профилей рек и типов русла

Форма продольного профиля – одно из основных условий и главный критерий, определяющий распространение различных типов русловых процессов. Величина уклона определяет скорость течения и, следовательно, условия транспорта руслообразующих наносов. Трансформация продольного профиля и изменение уклона по длине реки в общем случае отражает процесс выравнивания транспортирующей способности потока: чем больше расход воды, тем меньше уклон [2]. Поэтому средние уклоны рек связаны обратной зависимостью с их водностью. При этом изменение размеров водотоков (их водности) в пределах речной сети наиболее полно отражает величина порядка водотока N , рассчитанная по схеме А. Шайдеггера: $N = l + \log_2 P$, где P – общее число водотоков с длиной <10 км в бассейне реки выше данного участка. Связь между уклонами водной поверхности и порядками рек (рис. 4) по существу соответствует диаграмме, отражающей влияние мощности потока на формирование русел того или иного морфодинамического типа [6], поскольку между средними многолетними значениями расходов воды Q_0 и порядками рек N существует связь, описываемая экспоненциальным уравнением вида $Q_0 = ae^{bN}$, где a и b – региональные коэффициенты [7]. Для рек Камчатки данная зависимость имеет вид:

$$Q_0 = 0.0495e^{0.7327N}. \quad (3)$$

Уклоны рек являются интегральной характеристикой, оценивающей изменение потерь энергии потока по длине реки [2]. Совместно с водностью рек они определяют мощность потока и, следовательно, характер течения и тип русла (горный, полугорный, равнинный). В результате для русел различных типов связь между уклонами водной поверхности (I) и порядками рек (N) различна. Русла каждого типа формируются на реках разных размеров в определенных диапазонах уклонов (рис. 4). Равнинные, полугорные и горные русла с развитыми аллювиальными формами распространены как на малых, так и на крупных реках полуострова, формируясь при уклонах водной поверхности менее 20‰. Горные порожисто-водопадные русла и горные русла с неразвитыми аллювиальными формами распространены преимущественно на малых реках; им соответствуют гораздо большие диапазоны уклонов. Для русел первых трех типов зависимости пологие и практически параллельны друг другу, тогда как для последних двух – более крутые. Это может быть связано с различными механизмами транспорта донных наносов – развитие грядовой структуры рельефа дна, характерной для равнинных, полугорных и горных рек с развитыми аллювиальными формами, осуществляется до определенных пределов скоростей течения, которые, в свою очередь, обусловлены уклонами водной поверхности. Горные порожисто-водопадные русла и русла с неразвитыми аллювиальными формами характеризуются безгрядовой формой движения наносов, в перемещении которых значительную роль играют гидростатический напор, аблювиальный эффект и тангенциальная составляющая силы тяжести [3]. Их распространение зависит, главным образом, от орографии территории и приурочено к источникам поступления грубообломочного материала. В результате на

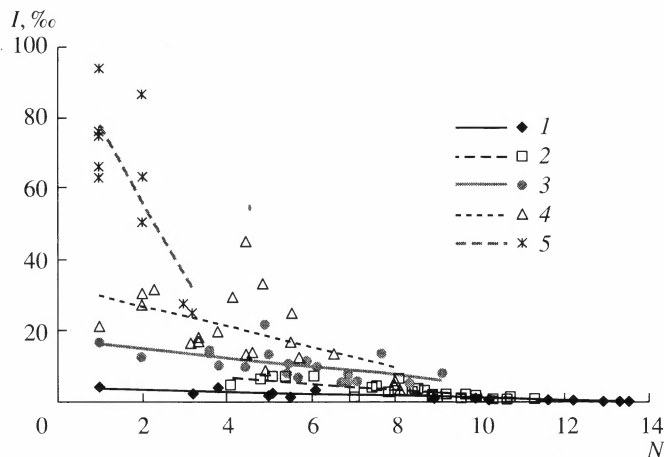


Рис. 4. Зависимость уклона водной поверхности (I) от порядка реки (N) для русел различных типов п-ова Камчатка

Русла: 1 – равнинные, 2 – полугорные, 3 – горные с развитыми аллювиальными формами, 4 – горные с неразвитыми аллювиальными формами, 5 – горные порожисто-водопадные

графике связи $I \sim N$ для горных русел с неразвитыми аллювиальными формами и порожисто-водопадных русел наблюдается наибольший разброс точек; для равнинных русел разброс точек минимален, что указывает на их формирование в достаточно узком диапазоне уклонов.

Распространение равнинных русел

Геоморфологическое строение полуострова, резкие переходы от горных районов к равнинам, большие перепады высот и высокие значения уклонов территории способствуют тому, что даже в пределах низменностей многие реки по своим гидрологическим и гидравлическим характеристикам относятся к типу горных или полугорных. Сопоставление с порядками рек выявило, что равнинные русла, имеющие спокойное течение на протяжении всего года (число Фруда (Fr) < 1) характерны преимущественно для малых рек ($N < 6$), либо для низовьев крупных рек ($N > 9$), которые на значительном протяжении протекают по равнине. Малые реки являются равнинными лишь в широких межгорных котловинах – это верховья крупных рек (р. Быстрая (Большая) на Центрально-Камчатской равнине ниже Ганальского хребта), либо нижнее течение небольших притоков (ряд притоков в среднем течении р. Камчатки). Реки, стекающие с горных склонов Срединного и Восточного хребтов и направляющиеся в сторону Охотского моря (на западе) или Тихого океана (на востоке), в пределах равнинных районов имеют небольшую протяженность (не более 200 км) и приобретают равнинный характер лишь в самом нижнем течении. Наиболее распространены равнинные русла на главной реке полуострова – Камчатке, которая на протяжении около 600 км протекает по Центрально-Камчатской равнине. Равнинное русло появляется в районе с. Верхне-Камчатск (590 км от устья). Равнинные русла соответствуют наиболее пологим участкам продольного профиля, уклоны русла не превышают 4‰. Равнинные реки преимущественно аккумулируют наносы (таблица), что связано либо с устьевым удлинением рек в нижнем течении, либо с недостаточной мощностью потока для транспортировки обломочного материала, поступающего из горных районов. Исключением является р. Камчатка, на которой участки направленной аккумуляции наносов чередуются с участками врезания, что связано с изменениями транспортирующей спо-

собности по длине реки, близостью вулканических районов, большим количеством притоков, стекающих непосредственно со склонов вулканов.

Распространение полугорных русел

В основном же крупным рекам ($N = 5-10$) в равнинных и предгорных районах свойственны полугорные (имеющие спокойное течение в межень и бурное – в фазы повышенной водности) и многорукавные русла с хорошо развитой системой пойменных и русловых проток. Такие русла образуются в областях перехода от горных районов к межгорным впадинам и приморским низменностям, на участках перегиба продольного профиля и распространяются ниже по течению на значительные расстояния благодаря относительно высоким уклонам территории даже в пределах равнин. К ним относятся среднее и нижнее (за исключением последних 10–15 км) течение многих рек Камчатки – Быстрой (Большой), Авачи, Ичи, Тигиля, Крутогоровой, Хайрюзовы, Плотниковой, Карымчины и др. Благодаря тому, что полугорные русла формируются в предгорных районах, в условиях наиболее резких изменений продольных уклонов и значительных расширений речных долин, для них в основном характерны процессы аккумуляции наносов (таблица). Отдельные участки врезания на полугорных реках могут быть связаны с пересечением ими крупных горных хребтов, либо с интенсивным поступлением обломочного материала со склонов вулканов.

Распространение горных русел

Горные русла формируются на реках горных районов полуострова с наибольшими уклонами ($I > 7-8\%$). Поэтому они в основном характерны для небольших рек ($N < 6-7$). В самых верховьях рек преобладают порожиисто-водопадные русла, которые постепенно сменяются горными руслами с неразвитыми, а затем с развитыми аллювиальными формами. Как правило, небольшие реки ($N < 6-7$), впадающие в более крупные реки в пределах горных районов и даже межгорных впадин, вплоть до самого устья имеют горное русло. Но горные русла формируются также на достаточно крупных реках ($N = 7.5-10$) в условиях стеснения их долин горными хребтами или их отрогами. Таковы р. Быстрая (Большая) при пересечении Срединного хребта, р. Быстрая (Эссовская) в среднем течении, р. Авача ниже слияния Правой,левой и Средней Авачи, р. Плотникова в среднем течении. В этом случае горные русла соответствуют перегибам продольного профиля рек – участкам с большими уклонами по сравнению с выше- и нижележащими участками.

На реках с порожиисто-водопадными руслами и горными руслами с неразвитыми аллювиальными формами в основном преобладают процессы глубинной эрозии, поскольку они распространены преимущественно в горных районах полуострова. Для русел рек с развитыми аллювиальными формами, напротив, в целом более характерны аккумулятивные процессы в силу их преимущественного распространения в нижнем течении рек перед впадением в более крупные реки (таблица).

Заключение

Эволюция продольных профилей рек Камчатки как следствие вертикальных русловых деформаций отличается разнообразием в соответствии с изменениями природных факторов (водность, геолого-геоморфологические условия, сток наносов). Развитие продольных профилей обуславливается стремлением их к выработанной форме согласно закону выравнивания транспортирующей способности потока [2]. На определенных участках продольного профиля и в условиях различной направленности и темпов вертикальных русловых деформаций на реках Камчатки формируются различные типы русел: горные, полугорные, равнинные.

1. Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 1. Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 608 с.
2. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 343 с.
3. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 1986. 264 с.
4. Чалов Р.С. Выработанный продольный профиль и направленные вертикальные деформации речных русел // Геоморфология. 1995. № 3. С. 18–24.
5. Амплитуды новейших тектонических движений // Национальный атлас России. Т. 2. М.: Роскартография, 2007. С. 48–49.
6. Алабян А.М. Типы русел равнинных рек и факторы их формирования // Геоморфология. 1992. № 4. С. 37–42.
7. География, общество и окружающая среда. Т. VI. Динамика и взаимодействия атмосферы и гидросферы. М.: Городец, 2004. 592 с.

Московский государственный университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
11.03.2008

CORRESPONDENCE OF LONGITUDINAL PROFILES AND VERTICAL RIVERBED DEFORMATIONS WITH THE RIVERBED TYPES ON THE KAMCHATKA PENINSULAR

A.S. YERMAKOVA

S u m m a r y

To estimate the direction and rate of vertical riverbed deformations the curves of regression were obtained for rivers' level and discharge. The longitudinal profiles of some rivers were plotted. The predominant type of profiles is concave one, which relates to growth of discharge and decrease of gradient downstream. The bed with well-developed alluvial forms is incidental to all rivers with water surface slope less than 20‰. The middle and lower streams of the rivers in the zones transient from mountains to basins and littoral plains may be considered as mountain rivers. In volcanic areas equilibrium river profile should be calculated taking into account the density of incoming piroclastic material.

УДК 551.435(235.222)

© 2008 г. И.Д. ЗОЛЬНИКОВ, А.В. ПОСТНОВ, С.А. ГУСЬКОВ

ПРОЦЕССЫ МОРФОЛИТОГЕНЕЗА УСТЬ-КАНСКОЙ И ЯБОГАНСКОЙ КОТЛОВИН В ПОЗДНЕМ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ¹

Введение

Район исследования охватывает Усть-Канскую и Ябоганскую котловины Горного Алтая, которые представляют собой расширенные участки долин рек Кан и Ябоган, в поперечнике превышающие 10–15 км (рис. 1). Они разделены невысоким водоразделом с седловинами, которые как бы связывают оба понижения рельефа, составляющие единую геоморфологическую структуру. Среднегорное обрамление котловин полого опускается к их заболоченным днищам. Данная территория была изучена в ходе геологической съемки [1, 2], но публикаций по ее геоморфологии и геологии нет. Среди генетических типов отложений здесь выделены аллювиальные, озерные, болотные и многочисленные разновидности склоновых отложений, а в гольцовой зоне горного обрамления – морены аккемского (сарганского) горизонта. Таким образом, по данным предшественников, для Усть-Канской и Ябоганской котловин характерен весьма

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 05-05-64221 и № 05-06-80305) и Междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 2.