

Старостина И. В. О возможности предсказания стока наносов на примере р. Медвянки. В сб. «Природн. ресурсы Москвы и Подмосковья». М., 1974.
Холмовой Г. В. О неогеновых поверхностях выравнивания на юго-востоке Среднерусской возвышенности. В сб. «Матер. по геологии и полезн. ископаемым центр. районов Европейской части СССР», вып. 6. М., 1970.

Институт географии АН СССР

Поступила в редакцию
26.XII.1977

AN ATTEMPT OF DENUDATIONAL VOLUME AND RATE ESTIMATION UNDER FOREST-STEPPE AT THE RUSSIAN PLAIN

D. A. TIMOFEEV, V. M. FIRSENKOVA

Summary

The total erosion at the Seim River basin (Middle Russian Elevation) has been estimated by calculation of the volume of concave erosional landforms. Coefficient of denudation, i. e. volume of eroded rocks to total volume of valley and interfluvial ratio is equal to 0,54, which indicates the maturity of the relief under consideration. Erosion rate calculated for Neogene and Quaternary appeared to be 0,028 mm per year, the value being close to the contemporary solid discharge of the Seim River (0,026 mm per year).

УДК 551.435.1

Н. В. ХМЕЛЕВА, Б. Ф. ШЕВЧЕНКО

РАЗВИТИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ВРЕМЕННЫХ ВОДОТОКОВ В УСЛОВИЯХ ГОРНЫХ МАССИВОВ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ АБХАЗИИ (ПО МНОГОЛЕТНИМ НАБЛЮДЕНИЯМ)

Особенности развития низших звеньев горных водотоков и форм, ими создаваемых, до сих пор слабо изучены. Результаты стационарных исследований таких форм, впервые начатых на Тянь-Шане М. И. Ивероновой (1963) и наших по Кавказу (Хмелева и др., 1974а), публиковались за короткие ряды лет. В настоящей статье подводятся итоги наблюдений за развитием эрозионных форм, которые регулярно проводятся с помощью фототеодолитных и теодолитных съемок начиная с 1963 г. и до настоящего времени с годовым и реже полугодовыми интервалами. Сроки и этапы наблюдений указаны в табл. 1.

Наблюдения проводятся на небольших по длине участках четырех эрозионных форм, представляющих единый ряд, включающий промоину, овраг, балку (Чигирипш) и малую реку Анахомсту. В трех из них водотоки появляются эпизодически за счет жидких осадков преимущественно с июня по сентябрь. Река Анахомста представляет переходный тип, в ней в течение большей части года наблюдается постоянный водоток, но в засушливые годы он нередко летом пересыхает.

Располагаясь параллельно на расстоянии 3—5 км друг от друга, эти формы пересекают Гагринский известняковый массив между Гантиади и Гагрой. Морфология этих форм и проявление в них эрозион-

Этапы наблюдений и количество осадков (в процентах от среднего многолетнего)

№ этапа и % осадков						
I	II	III	IV	V	VI	VII
9.1963— 3.1964 89	3.1964— 9.1964 93	9.1964— 9.1965 70	9.1965— 6.1966 101	6.1966— 9.1967 99	9.1967— 9.1968 111	9.1968— 9.1969 84
№ этапа и % осадков						
VIII	IX	X	XI	XII	XIII	
9.1969— 4.1971 100	4.1971— 10.1971 80	10.1971— 5.1972 99	5.1972— 10.1972 108	10.1972— 9.1973 84	9.1973— 9.1974 86	

но-аккумулятивных процессов определяются структурно-литологическими особенностями известнякового массива. Крутое падение слоев в нижних, обращенных к морю, крыльях складок, прорезаемых водотоками, находит отражение в характере продольных профилей. Крутопадающие вниз по течению слои толстоплитчатых известняков образуют резкие переломы профиля в форме уступов и водопадов. Участки относительного выполаживания приурочены к тонкоплитчатым легко размываемым пачкам.

Верховья водотоков в зависимости от длины, которая колеблется от 1,2 (промоина) до 7,5 км (Анахомста), уходят в зону высот от 550 до 1500 м. Наблюдения проводятся в средних и нижних течениях на полигонах, включающих днище с руслом и подошву склонов. Длина полигонов 50—600 м. Уклон продольного профиля уменьшается от 0,3 по промоине до 0,06 по Анахомсте.

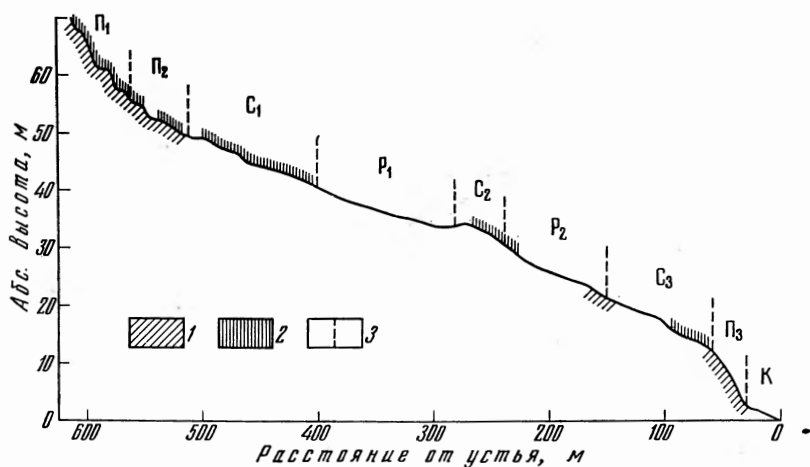
При обработке результатов съемок определялись деформации продольного профиля, миграции тальвега, изменения русловых форм. Устойчивость обломков из состава аллювия устанавливалась путем наблюдений за смещением окрашенных частиц разного фракционного состава. Для суждений о динамике процессов, протекающих в промежутках между наблюдениями, не было фиксировались их ход и режим воздействующих факторов, использовались косвенные признаки и данные опорной сети гидрометео- и сейсмостанций.

Показателями водности возникающих потоков служили осадки, зарегистрированные на ст. Гагра. Определялась их сумма, отклонение от нормы, устанавливалось число ливней и их интенсивность, учитывались осадки с высоким суточным максимумом. Как видно из табл. 1, в течение IV, V, VIII, X этапов наблюдений количество осадков равнялось норме, по I, II, III, VII, IX, XII, XIII — их было меньше нормы, по VI и XI — они превышали норму.

За весь период наблюдений преобладали ливни интенсивностью 1,5 мм/мин и продолжительностью менее 10 мин, которые обычно не образовывали в исследуемых формах водотоков. Значительная ливневая деятельность, когда могли возникать временные водотоки, отмечена для II (несколько ливней с 5%-ной обеспеченностью) и III этапов. При сумме осадков меньше нормы наблюдались короткие, но интенсивные ливни в VII и XII этапах. Наиболее благоприятные условия для формирования стока за счет относительно частых ливней повышенной интенсивности отмечены для V и XI этапов. Воздействие ливневого стока наиболее ощутимо проявилось в V этапе, когда было отмечено значительное количество последовательно выпадавших осадков большой интенсивности и несколько дней с обильными осадками 2%-ной обеспечен-

ности. Руслоформирующим для большинства исследуемых форм явился ливень, прошедший в сентябре 1967 г. (V этап).

С целью оценки воздействия на склоновые процессы землетрясений рассчитывалось их общее число, сумма выделившейся энергии, количество землетрясений с мощностью K , равной и более 10. K определяется как логарифм энергии землетрясений, выраженной в джоулях. Например, если выделившаяся энергия составляет 10^{10} Дж, то K равно 10. Энергия землетрясений определялась по методике, принятой в Ин-те физики земли АН СССР для оценки общего уровня сейсмической активности регионов (Землетрясения..., 1966). Повышенное число землетрясений с большой энергией приходится на период с июня 1966 по апрель 1971 г. Максимальное их число отмечено для VI, VII, VIII этапов.



Продольный профиль балки Чигирипш на участке стационарных исследований

1 — выходы известняков в русле; 2 — выходы известняков в нижних частях склонов; 3 — границы участков. П — выходы плит известняков; Р — расширения долины; С — сужения долины; К — конус выноса

Особенности формирования продольного профиля и режима наносов наиболее ярко проявлялись на балке Чигирипш, где проводились наблюдения с помощью теодолитных ходов. Полигон наблюдений по Чигирипшу включает сверху вниз по течению при общей длине 600 м следующие морфологические участки: перепад продольного профиля высотой до 20 м, состоящий из двух отрезков — верхнего, с крутым до 60° падением плит известняков ($П_1$) и нижнего, относительно более выположенного ($П_2$). Следующее за ним сужение долины ($С_1$) сменяется двумя расширениями ($Р_1$ и $Р_2$), соответствующими дугам врезанных меандр и разделенными коротким участком сужения ($С_2$). На отрезке нижнего крыла последней излучины балка вновь сужается до узкой теснины ($С_3$) и обрывается к морю 8-метровым уступом с крутопадающими плитами ($П_3$), у подножия которого располагается конус выноса К (рисунок). Морфометрические показатели участков даны в табл. 2.

Комплекс морфологических участков, перепад — сужение долины — серия врезанных меандров, повторяется на полигоне по оврагу, но размер их меньше по сравнению с Чигирипшем.

Согласно классификации горных русел Р. С. Чалова (1968), промоина и участки сужения по балке Чигирипш и оврагу относятся к пороисто-водопадному типу, изучавшемуся более детально на отрезке промоины с помощью фототеодолитного метода. Последний применялся и при наблюдениях за развитием побочного типа русла по Анахомсте.

Гидрометрические наблюдения на стационарах не производились. Расчетным путем получены некоторые характеристики потоков по Чигирипшу, дающие представление об их режиме. Установлено, что расход воды в нем в паводок 6.9.1967 г. достигал $144 \text{ м}^3/\text{сек}$ и поток, по-видимому, имел характер селя. Расход потока сильно варьирует по этапам и по длине. Одна из причин колебания расхода — циркуляция воды в трещинах известняка и в аллювии. Как удалось наблюдать в 1972 г., поток с расходом воды на верхнем участке в доли $\text{м}^3/\text{сек}$ ниже по течению исчезал в аллювии и появлялся вновь на нижнем участке течения из трещины в борту долины, имея расход $1 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Таблица 2

Морфометрические показатели участков балки Чигирипш

Параметры	P_1	P_2	C_1	P_1	C_2	P_2	C_2	P_3	K
Длина, м	50	55	115	125	45	85	45	28	31
Ширина dna, м	9	7	5—8	30—42	10—25	27—35	8	12	—
Уклон	0,31	0,13	0,07	0,09	0,08	0,12	0,07	0,37	0,07

Расчетные характеристики потоков по Чигирипшу свидетельствуют о влиянии на них морфологии долины. В расширении установлены скорости и глубины потока соответственно $0,5 \text{ м/сек}$ и 1 м . На перепадах и сужениях они возрастают до $6—8 \text{ м/сек}$ и $2—3 \text{ м}$ соответственно. При высокой кинетичности потока число Фруда колебалось от 1 в расширениях до $3—5$ в сужениях.

В миграциях тальвега в плане отмечается связь с типом руслового режима. Положение тальвега относительно стабильно на участках развития порожиисто-водопадного русла, более динамично на выложенных участках выше перепадов. Ось потока на участках врезанных меандр смещалась в этапы с повышенной водностью в сторону вогнутых берегов излучин. По Чигирипшу форма излучин сменялась от сундучной (III и IV этапы) до неправильно синусоидальной (I и X этапы). Ось потока Анахомсты направлялась побочными и на большинстве этапов оставалась относительно стабильной, мигрируя в узкой полосе между ними. Более значительные ее отклонения с перекрытием побочней отмечены в многоводные годы (1967 и 1971).

Отличительной особенностью продольного профиля исследуемых форм является отсутствие выдержанного по мощности чехла аллювия. По длине потока чередуются резистентные участки (с выходом скального ложа) и участки, прикрытые плащом аллювия. Поскольку противозрозионная стойкость первых в несколько раз больше, чем вторых, участки с аллювием легче поддаются деформации. Величина размываемого слоя помимо мощности руслоформирующих паводков лимитируется также мощностью пролювиально-аллювиального чехла.

Наиболее ярко влияние руслоформируемого паводка 1967 г. проявилось по Чигирипшу. После прохождения паводка в верхнем сужении накопилась толща аллювия со средней до 2 и максимальной до 3 м мощностью. Волна аккумуляции распространилась до среднего сужения с постепенным убыванием мощности вниз по течению. В нижних по течению расширении и сужении в это время произошел размыв отложений. В паводок и последующий этап в результате размыва наносов полностью обнажился перепад (P_2), ранее скрытый под аллювием. Волна аккумуляции достигла нижнего сужения только к 1971 г. В это время продольный профиль на участке среднего сужения и нижнего расширения был искусственно искажен в результате снятия местами аллювия со скального ложа и отсыпки грунта при реконструкции полотна Черноморской шоссейной дороги, пересекающей этот участок. На

верхнем участке, не захваченном антропогенным преобразованием, в последующие сроки продолжалась деформация продольного профиля при чередовании этапов размыва и аккумуляции.

Наибольшие изменения за весь период наблюдений отмечены на участке верхнего перепада (П₁) и следующего за ним сужения, на которых средняя мощность размытого слоя оказалась равной 1 м. На остальных участках деформации имели разнонаправленный характер, составляя $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ этой величины. Мощность перемываемой толщи аллювия по верхнему сужению оказалась меньшей, чем по нижнему. В целом можно считать, что процесс транспорта аллювия по Чигирипшу сопровождается переработкой всей толщи аллювия до коренных пород.

Анализ результатов фототеодолитных съемок небольших перепадов продольного профиля, которые наблюдаются и по другим исследуемым формам, свидетельствует, что они, как и более крупные перепады в форме водопадов, играют роль прерывателей потоков наносов. При небольших паводках у перепадов и на нижерасположенных выположенных участках продольного профиля накапливается волна наносов. При более мощных паводках наносы отлагаются ниже по течению. В результате на участках перепадов за счет транспорта наносов наблюдаются значительные деформации продольного профиля, которые, однако, не всегда сопровождаются изменением отметок коренного ложа.

По Анахомсте по сравнению с другими формами отмечено больше этапов, в течение которых по всей длине исследуемого участка происходило или врезание потока или аккумуляция наносов. Так, врез по всей длине потока отмечен для I, III, V, VI этапов. Мощность волны аккумуляции в несколько раз превысила глубину размывов. Аккумуляция наблюдалась только по этому объекту в IV этапе, когда по соседним формам отмечено врезание продольного профиля. Волна аккумуляции по Анахомсте, по-видимому, связана со смещением наносов из вышерасположенных участков бассейна, накопившихся там в этап, предшествовавший началу стационарных исследований (1.8.1963), с повышенной нормой осадков. По промоине она отмечена раньше, в III этапе.

В целом можно считать, что заметный врез продольного профиля проявляется в годы с повышенной водностью. В годы обычной водности отметки продольного профиля колеблются в результате перемещения наносов возле некоторого среднего положения, определяемого отметками ложа.

Деформации продольного профиля находятся в связи с крупностью слагающих аллювий частиц. Представление об их динамике дают результаты наблюдений за окрашенными обломками. По Чигирипшу за весь период наблюдений замаркировано из поверхностного слоя аллювия около 400 обломков разного размера, из которых половина унесена. Сортировка обломков по крупности по длине водотока отсутствует, причиной чему служит пополнение аллювия за счет склоновых процессов, повышенные шероховатость ложа и скорость потока и др. При общей тенденции к увеличению пути обломков с уменьшением их размера связь между этими величинами отсутствует ($r=0,2$). Воздействие шероховатости ложа и скорости отражается в широком спектре рассеивания частиц по длине потока. Коэффициент вариации, рассчитанный для длины пути сместившихся обломков, оказался одинаковым как для руслоформирующей фракции, так и для фракции, превышающей ее.

Больше всего сместившихся обломков отмечено в V, VIII, XII этапы. Из переместившихся частиц наибольший процент приходится на фракцию 25—50 см. Обломки с поперечником более 1 м сдвигались в течение IV, V, X этапов. Обломки с поперечником 2,5—3 м передвигались на участке верхнего сужения в паводок 1967 г. Размыв паводковыми водами искусственной отсыпки грунта, произведенной, как отмечалось, на участке среднего сужения и нижнего расширения свидетельствует о

высокой транспортирующей способности временных водотоков, возникающих по Чигирипшу, и о том, что размер перемещаемых частиц зависит от степени подготовленности к транспорту соответствующих фракций в составе аллювия. В нижнем расширении при меньшей мощности паводков после 1971 г. увеличилось число сместившихся глыб с поперечником более 1,5 м, поступивших сюда при отсыпке грунта. При бытовом состоянии русла в паводок 1967 г. здесь передвигались лишь единичные глыбы такого размера. После 1971 г. возрастает число сместившихся глыб и в нижнем сужении за счет привноса их из вышерасположенного сужения, захваченного строительными работами.

При перелопачивании аллювия расположенные на поверхности обломки, в том числе и замаркированные, нередко захороняются под наносами, принесенными с вышерасположенного участка, а затем вновь появляются на дневной поверхности. Число таких частиц в составе аллювия является показателем интенсивности его перемыва. По Чигирипшу их оказалось больше всего в верхнем сужении и следующем за ним расширении. Большинство погребенных обломков находилось в составе аллювия по Чигирипшу два года, по оврагу — три-четыре года. В верхнем сужении глыба с поперечником 2 м была в составе аллювия пять лет.

Связь между поперечником сместившихся обломков и величиной деформации продольного профиля для исследуемых форм выражается при коэффициенте корреляции $+0,8$ зависимостью $\Delta = 0,4 d^{1,2}$, где Δ — деформация продольного профиля и d — поперечник сместившихся обломков (м). Значение коэффициента близко к величине выступов шероховатости. Коэффициент в несколько раз меньше, чем в соответствующем выражении, полученном В. Ф. Толмазой и А. И. Крошкиным (1968) для горных рек более высоких порядков.

Мощность рыхлого слоя на дне эрозионных форм определяется интенсивностью проявления процессов выветривания. Однако пока еще трудно дать оценку отдельным источникам, поставляющим материал для формирования аллювия. Пополнение аллювия за счет материала, поступающего от глубинной эрозии, имеет, по-видимому, небольшой удельный вес, так как углубление потока в скальное ложе происходит в результате преимущественно его коррозии на сильно трещиноватых участках, где выщербляются отдельные обломки. Исключение составляют порожисто-водопадные участки, на которых создаются более благоприятные условия для механического разрушения потоком его ложа и поступает относительно больший объем грунта по сравнению с более выположенными участками профиля.

Врезание потока происходит в верхней части водопада и от его подножия, тогда как на поверхности образующих его плит борозда русла обычно отсутствует. При нарушении сплошности поверхности плиты, чему кроме указанных врезов способствует формирование в ее средней части нередко котлов высверливания, от нее легко отчленяются и удаляются глыбы толщиной до 1—1,5 м, равной мощности напластования слоев. Максимальный поперечник их нередко достигает нескольких метров. Большая часть таких обломков по Чигирипшу накапливается в расположенном ниже сужении, где они частично дробятся при механическом воздействии переносимых потоком обломков. Доказательство тому — наличие здесь большого числа крупных глыб с отбитыми краями и нередко раздробленность замаркированных обломков. Другая часть обломков выносятся потоком в расширение ниже по течению, где наиболее крупные из них образуют пассивную фракцию аллювия, входящую в каркас побочней.

Второй источник пополнения аллювия грунтом — материал обвально-осыпных процессов. Их интенсификации помимо трещиноватости известняков способствуют большая глубина вреза долин и сейсмичность.

Известняки обнажаются в средних и нижних частях склонов долин и обрушиваются на участках подмыва. Обвалы со склонов долины Чигирипш зафиксированы в V, VI, VIII, XI этапах. Наблюдения за гравитационными склонами, проводимые с помощью повторных фототеодолитных съемок вблизи района исследований в те же периоды, свидетельствуют об интенсификации обвально-осыпных процессов в периоды с повышенной нормой осадков и сейсмической активности (Никулин и др., 1971; Хмелева и др., 1974б). Обвалы по Чигирипшу наблюдались именно в такие этапы.

Тот факт, что с этапами активизации склоновых процессов совпадают или наступают в последующий срок периоды, когда по Чигирипшу отмечается смещение наибольшего количества обломков, еще раз свидетельствует о высокой транспортирующей способности потоков и дефиците наносов в них. В моменты поступления материала на днище обломки сразу же оказываются в сфере деятельности возникающих потоков.

ЛИТЕРАТУРА

- Землетрясения СССР в 1963 г. М., «Наука», 1966.
Иверонова М. И. Современная деятельность временных потоков в высоких горах Прииссыккуля. «Изв. АН СССР. Сер. геогр.», № 1, 1963.
Никулин Ф. В., Хмелева Н. В., Шевченко Б. Ф. Об изучении движения осыпи фотограмметрическим методом. «Геоморфология», № 1, 1971.
Толмаза В. Ф., Крошкин А. И. Гидрометрические характеристики горных рек. Фрунзе, «Киргизстан», 1968.
Хмелева Н. В., Никулин Ф. В., Шевченко Б. Ф. Некоторые итоги стационарных исследований эрозийных форм Северо-Западного Кавказа. В сб. «Эрозия почв и русловые процессы», № 4. Изд-во МГУ, 1974а.
Хмелева Н. В., Никулин Ф. В., Шевченко Б. Ф. Движение обломков в поверхностном слое осыпи. В сб. «Эрозия почв и русловые процессы», № 4. Изд-во МГУ, 1974б.
Чалов Р. С. Некоторые особенности руслового режима горных рек. «Метеорология и гидрология», № 4, 1968.

Московский государственный
университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
22.IX.1976

DEVELOPMENT OF LONGITUDINAL PROFILE OF INTERMITTENT STREAMS AT MOUNTAINS (ON LONG-TERM OBSERVATION)

N. V. KHEMELEVA, B. F. SHEVCHENKO

Summary

The paper summarizes the continual studies (begun in 1963) of longitudinal profile evolution in the erosion forms cut by ephemeral streams into calcareous Caucasian slopes facing the Black Sea. The profile deformations depend on water discharge and alluvium thickness at the valley bottom. During years with average water supply the bed profile fluctuates around some average position as sand waves move downstreams. Years with severe channel-forming floods bring about considerable changes of the profile. Most of the studied channels have gorges and waterfalls which interrupt the sediment transport and sorting. Stream profile deformations are also controlled by the alluvium thickness which depend on weathering rate and scree and rockfall intensity, the latter being controlled by water supply and seismicity.
