

УДК 556.536

КЛАССИФИКАЦИЯ РУСЕЛ ПОЛУГОРНЫХ И ГОРНЫХ ПОТОКОВ ПО ВЕЛИЧИНЕ КОЭФФИЦИЕНТА ШЕРОХОВАТОСТИ

Канд. геогр. наук В.В. Голубцов

Проведена классификация полугорных и горных потоков по величине коэффициентов шероховатости, определенных с помощью гидрометрических материалов. В предлагаемой классификации русла полугорных и горных водных потоков разделены на три категории, а турбулентных селевых потоков - на две категории. Предложенная классификация позволяет в значительной мере избежать субъективности при определении коэффициента шероховатости русел полугорных и горных потоков и повысить точность расчета их средней скорости в условиях ограниченной информации.

Коэффициент шероховатости является важнейшим параметром, определяющим гидравлическое сопротивление в руслах полугорных и горных потоков. Визуально определить его величину для русел рек и каналов крайне затруднительно. Поэтому до настоящего времени продолжают попытки разработки формул для расчета скорости течения воды с постоянным, наиболее вероятным значением этого параметра [9, 11, 16, 22]. Эти исследования, направленные на разработку указанных формул и более определенных классификаций рек по величине указанного коэффициента являются достаточно перспективными. Успешное решение этой задачи позволило бы в значительной мере избежать субъективности при визуальной (качественной) оценке характеристик шероховатости ложа реки и повысить точность гидравлических расчетов. Проведенные исследования показывают, что перспективы получения таких результатов для полугорных и горных рек являются достаточно реальными [3, 5 - 7].

Как известно, в настоящее время в гидравлике для расчета скорости полугорных и горных рек, характеризующихся неравномерным движением воды, условно используется формула Шези, отражающая квадра-

точный закон сопротивления и справедливая только для равномерного движения:

$$V = C\sqrt{HI} \quad (1)$$

где V - средняя скорость, м/с; C - скоростной коэффициент Шези, определяемый путем обработки натуральных данных, а также по эмпирическим формулам; H - средняя глубина потока, приближенно принимаемая равной гидравлическому радиусу R ; I - уклон свободной поверхности потока.

При равномерном движении воды формула Шези, в основном, отражает влияние так называемых линейных потерь напора, затрачиваемых на преодоление сопротивлений трения. Местные потери напора, обуславливаемые резкими изменениями конфигураций границ потока при равномерном движении, незначительны и ими обычно пренебрегают [29]. В этих условиях скоростной коэффициент Шези C зависит только от шероховатости русел и его геометрических размеров [21].

При неравномерном движении местные потери напора, обусловленные чередованием сужений и расширений русла, а также изменениями его конфигурации, шероховатости и уклона на участке реки уже оказывают значительное влияние на гидравлическое сопротивление при движении потока. Поэтому в условиях неравномерного движения, характерного для полугорных и горных рек скоростной коэффициент Шези C зависит не только от шероховатости русла и его размеров, но и от гидродинамического параметра - уклона. Это указывает на отклонение гидравлических сопротивлений полугорных и горных рек от квадратичного закона сопротивления за счет увеличения местных потерь [8].

В результате проведенных исследований установлено, что квадратичному закону сопротивления соответствует только условия движения воды в руслах рек с уклонами $I \leq 0,001$. Потери напора на сопротивление движению воды рек с уклонами $I \geq 0,004$ пропорциональны средней скорости в шестой степени или кубу числа Фруда. В диапазоне уклонов $0,001 \leq I \leq 0,004$ по мере их увеличения наблюдается постепенный переход от зоны гидравлических сопротивлений, пропорциональных квадрату средней скорости или числу Фруда к зоне сопротивлений пропорциональных средней скорости в шестой степени или кубу числа Фруда. Дополнительное сопротивление при движении воды в руслах горных рек ($I \geq 0,004$) пропорционально средней скорости в четвертой степени или квадрату числа Фруда.

Следует полагать, что оно обусловлено местными потерями напора, возникающими при неравномерном движении горных потоков [6, 8].

Проведенные исследования позволили впервые установить количественные закономерности формирования местных потерь напора при движении полугорных и горных потоков. Они показали, что местными потерями напора можно пренебрегать только при движении воды в равнинных реках, а также в каналах и быстротоках, где условия для аэрации потока и формирования местных потерь напора устранены. Установленные закономерности можно использовать для расчета скоростей полугорных и горных потоков по гидравлическим элементам их русел и следам прошедших паводков, а также определения других гидравлических характеристик.

Исследования автора также показали [5, 6, 8], что скоростной коэффициент Шези C в условиях неравномерного движения полугорных и горных потоков ($I > 0,001$) может быть принят равным:

$$C = \frac{H^{0,17}}{m(I + 0,001)^{0,33}}, \quad (2)$$

или для горных рек ($I \geq 0,004$)

$$C = \frac{H^{0,17}}{mI^{0,33}}, \quad (3)$$

где m - коэффициент шероховатости.

Для турбулентных селевых потоков параметр C равен [7]:

$$C = \frac{1}{mI^{0,33}}, \quad (4)$$

Подставив выражения (2), (3) и (4) в формулу Шези (1) соответственно получим [5 - 8] для полугорных и горных рек ($I > 0,001$):

$$V = \frac{1}{m} H^{0,67} (I + 0,001), \quad (5)$$

для горных рек ($I \geq 0,004$):

$$V = \frac{1}{m} H^{0,67} I^{0,17}, \quad (6)$$

для турбулентных селевых потоков:

$$V = \frac{1}{m} H^{0,5} I^{0,17}. \quad (7)$$

Следует отметить, что формулы вида (6) получены в 60-х годах прошлого столетия независимо С. Герасимовым (Георгиевым) для горных

водотоков бассейна р. Марицы в Болгарии [3, 4] и автором для горных рек Средней Азии и других регионов бывшего Союза [5, 6].

Исследования показали, что для полугорных ($0,001 < I < 0,004$), а также горных ($I \geq 0,004$) рек и временных водотоков значение параметра I/m в формулах (5) и (6) может быть принято постоянным или определено путем использования классификации коэффициента шероховатости m . В работах С. Герасимова (Георгиева) наиболее вероятное значение параметра I/m для горных рек Болгарии (бассейн р. Марицы) принято равным 5 [3, 4]. Автором для горных рек Средней Азии и других районов бывшего Союза этот параметр в первом приближении был принят равным 4,5 [5, 6]. Различие наиболее вероятного значения указанного параметра вызывает необходимость его дальнейшего уточнения.

На рис. 1 приведена гистограмма распределения параметра I/m в формулах (5 - 6). Для его построения были использованы значения I/m , определенные для горных рек бывшего Союза с уклонами $0,004 \div 0,082$ по данным Гидрологических ежегодников, а также материалам, опубликованным в ряде научных работ [3, 16, 17, 20, 22, 24, 30].

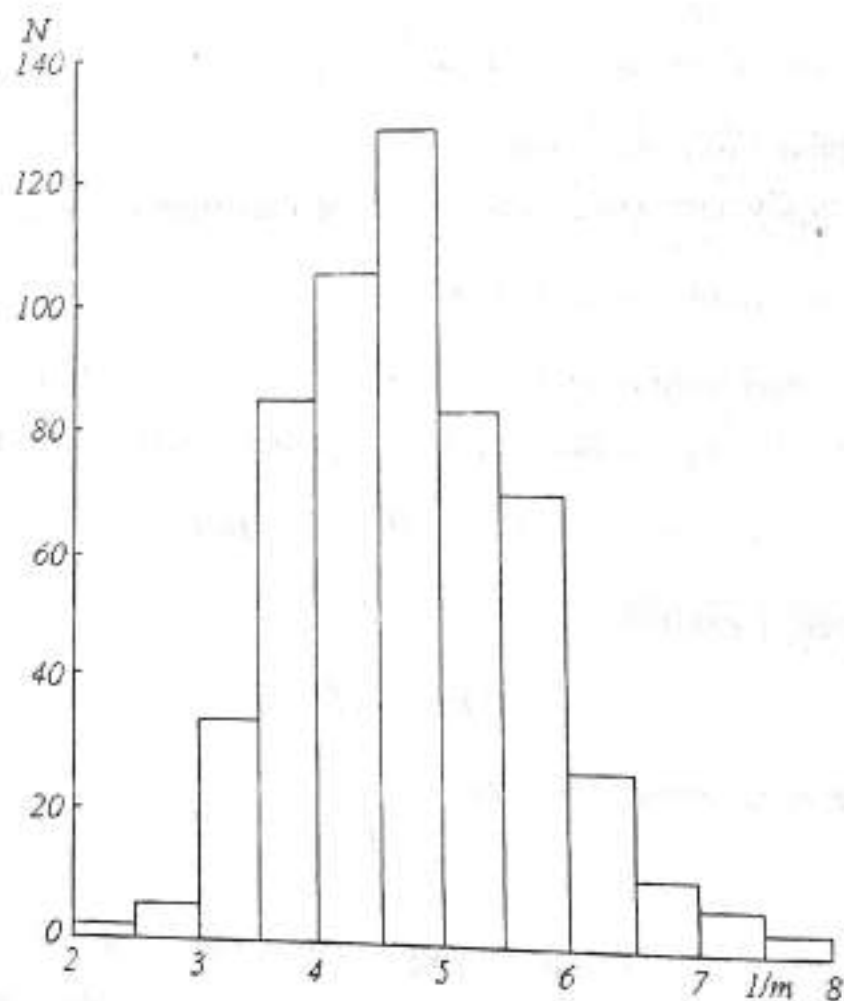


Рис. 1 Гистограмма I/m

Кроме этого были использованы данные определений $1/m$ для горных рек Болгарии (бассейн р. Марицы) с уклонами $I \geq 0,004$ [3]. Всего было использовано 629 наиболее надежных значений этого параметра. Как следует из гистограммы распределения параметра $1/m$ его значение в основном (91 %) изменяется от 3,0 до 6,5, причем около 80 % находится в диапазоне 3,50–6,00. Диапазон 4,50–5,00 характеризуется наибольшей повторяемостью значений рассматриваемого параметра. Распределение $1/m$ близко к нормальному с математическим ожиданием 4,75 и средним квадратическим отклонением примерно равным единице. При таких характеристиках распределения ошибки определения рассматриваемого параметра по его математическому ожиданию с вероятностью 66 % не выйдет за пределы ± 20 %, с вероятностью 77 % - за пределы ± 25 % и с вероятностью 90 % - за пределы ± 35 %.

Следует отметить, что в указанные оценки распределения параметра $1/m$ заложены ошибки измерения скоростей течения и несоответствия уклонов скоростному режиму потока в гидрометрических створах. Поэтому фактические значения ошибок расчета параметра $1/m$ будут значительно меньше. По-видимому, следует полагать, что они не будут выходить примерно в 70 % случаев за пределы ± 20 %, в 80 % случаев - за пределы ± 25 % и в 95 % случаев - за пределы $\pm 30 - 35$ %. Это указывает на то, что значения параметра $1/m$ в большинстве случаев может быть принято постоянным и равным его математическому ожиданию. Необходимо отметить, что полученная величина математического ожидания параметра $1/m = 4,75$ ($m \approx 2,10$) практически совпадает при $H = 1$ м значением полученным В.Ф. Талмазой для горных рек Киргизии [25].

Дальнейшее повышение точности расчета скорости движения полугорных и горных потоков может быть достигнуто путем классификации коэффициента шероховатости m . Первые попытки классификации рек по величине указанного коэффициента в формуле вида (6) была предпринята С. Герасимовым (Георгиевым) для полугорных и горных потоков бассейна р. Марицы в Болгарии [3, 4] и автором для рек Средней Азии и других горных районов бывшего Союза [5, 6]. Обычно при проведении такой классификации русла рек и временных водотоков разделяются на категории в зависимости от характеристик их поверхности, характера уклона и состава (крупности) русловых отложений, а также состояния потоков. Кроме того, в качестве одного из критериев классификации указанных водотоков, по мне-

нию автора необходимо использовать сведения и признаки, характеризующие наличие или отсутствие движения донных отложений [13].

Влияние движущихся наносов на скорость водных потоков была замечена давно. Как отмечает Ф.Форхгеймер [26] уже Куттеру (1873 г.), Лаутенбергу (1876 г.), А. Шокличу (1914 г.) и И. А. Штриклеру (1923 г.) было известно, что движение наносов замедляет течение воды в руслах рек и приводит к уменьшению коэффициента C в формуле Шези. Шоклич экспериментально установил для условий движения наносов зависимость коэффициента шероховатости в формуле Базена от уклона. Штриклер показал, что водные потоки при отсутствии перемещения наносов и при их движении характеризуются двумя различными коэффициентами шероховатости с промежуточными значениями между ними. Он доказал, что построение одной формулы для случаев движения наносов и для случая его отсутствия, неправомерно. Таким образом, в работах А. Шоклича (1914 - 1926 гг.) и И. А. Штриклера (1923 г.) была впервые сформулирована гипотеза о существовании двух областей гидравлических сопротивлений при движении воды в реках. Эта гипотеза в дальнейшем получила подтверждение в исследованиях других авторов.

В соответствии с этой гипотезой первая область гидравлических сопротивлений существует при отсутствии массового влечения наносов, а вторая область повышенных сопротивлений - при насыщении потока влекомыми наносами [12, 13]. Исследования Н.И. Зудиной показали, что при переходе потока из первой области сопротивлений во вторую область наблюдается нарушение пропорциональности увеличения коэффициента Шези C с ростом средней глубины H потока [13]. При этом коэффициент C , сначала увеличивается с ростом H , а затем начинает уменьшаться, несмотря на продолжающееся увеличение средней глубины. Она высказала мысль о том, что скачкообразное изменение этой зависимости указывает на то, «что в скоростной режим потока включается новый дополнительный фактор, увеличивающий сопротивление» и этим фактором является начавшееся массовое движение наносов. Работы Н.И. Зудиной, подтвердили результаты ряда исследователей о нарушении зависимостей $C = fH$ и выводы о том, что оно обусловлено насыщением потока влекомыми наносами [12, 13].

В таблице приведена классификация полугорных и горных потоков по величине коэффициента шероховатости.

Классификация русел полугорных и горных потоков по величине коэффициента шероховатости

Таблица

Категория	Характеристика русла и состояние движения потока	M	l/m
I	Русла рек и периодических водотоков с хорошим состоянием ложа, создающие концентрированное движение воды на сравнительно прямолинейных участках со слабо изменяющейся формой поперечного сечения потока. Водотоки в условиях сформировавшейся и ненарушенной самоотмостки с относительно спокойным движением воды и незначительным перемещением донных отложений.	0,174	5,75
II	Русла рек и периодических водотоков в обычных условиях, слабо извилистые, с удовлетворительным состоянием ложа, имеющие небольшие изменения формы поперечного сечения потока по длине участка. Водотоки с бурным течением в условиях отсутствия или незначительного нарушения самоотмостки и слабого передвижения донных отложений. Турбулентные селевые потоки при движении селевой массы на относительно прямолинейных участках или в виде хорошо выраженных волн.	0,211	4,75
III	Русла рек и периодических водотоков, сильно загроможденные валунами и грядами гальки в результате срыва самоотмостки и перемещения русловых отложений, характеризующиеся, наличием порогов, неоднородностью поперечных сечений неправильной формы; движение воды часто осуществляется как бы отдельными потоками. Водотоки и турбулентные селевые потоки с очень бурным движением воды или селевой массы на участках со значительной извилистостью.	0,267	3,75

Согласно этой классификации речные русла разделены на категории в зависимости от характеристики его поверхности (наличия выступов шероховатости), характера изменения уклона, состояния потока (спокойный или бурный), а также движения русловых отложений. При определении параметра шероховатости в первую очередь необходимо решить, не относится ли рассматриваемый участок реки к категориям I и III. Участки рек, имеющие характеристики русел менее благоприятные, чем по категории I и более благоприятные, чем по категории III следует относить к категории II. Параметр шероховатости, соответствующий категории I по приведенной выше классификации можно назначать при расчете средней скорости течения в искусственных руслах - каналах, имеющих значительные уклоны ($I > 0,001$).

Предлагаемая классификация позволяет в значительной степени избежать субъективности при определении значений коэффициента шероховатости m . Однако для уточнения величины $1/m$ следует также использовать материалы гидрометрических измерений опорной сети исследуемого района. Для этого необходимо определить значения $1/m$ из формул (5) и (6), используя характеристики измеренных скоростей и гидравлических элементов потока на участке. Зная величины $1/m$ для участков гидростворов рассматриваемых рек можно с большей уверенностью устанавливать значение этого параметра для неисследованных участков их русел.

Приведенные в таблице значения параметра $1/m$ и коэффициента шероховатости m при использовании формулы (7) также применимы и для русел в условиях движения турбулентных селевых потоков, в том числе высокой плотности ($2200...2300 \text{ кг/м}^3$). Как известно, селевые потоки по характеру движения селевой массы делятся на турбулентные и квазиламинарные [27]. Скорости турбулентных селей значительно превышают скорости квазиламинарных селевых потоков. Характер движения селевых потоков (турбулентный или квазиламинарный) устанавливается в полевых условиях с помощью вполне определенных признаков [14]. Турбулентные селевые потоки характеризуются числами Фруда $Fr > 0,5$. Их скорости могут быть определены с помощью известных гидравлических элементов потока - средней глубины и уклона, а также коэффициента сопротивления [7, 8]. Турбулентные селевые потоки относятся ко второй и третьей категориям предлагаемой классификации. Третья категория турбулентных селевых потоков характеризуется параметром $1/m = 3,75$. Независимая проверка формулы автора (7) с указанным значением параметра $1/m$ [7]

была осуществлена учеными ЗакНИИ [19, 27]. Для этой цели ими были использованы критериальные натурные сведения о скоростях турбулентных селевых потоков, а также глубинах и уклонах на участках их движения. Эти сведения, содержащие 76 значений гидравлических параметров турбулентных селевых потоков с объемным весом селевой массы от 1030 до 2390 кг/м³ приведены в работе И.И. Херхеулидзе [27]. Для большинства указанных данных производилось определение только максимальных поверхностных скоростей течения потоков. Переход от максимальных поверхностных скоростей к средним осуществлялся с помощью коэффициента k_2 , определяемого по формуле Г. В. Железнякова и примерно равного 0,54 [11]. Следует отметить, что предложенное Г.В. Железняковым выражение для определения коэффициента k_2 можно использовать при определении скоростного коэффициента Шези для полугорных и горных потоков по формулам (2), (3) и (4).

Результаты использования этих материалов для проверки формулы автора (7) показали, что она наряду с некоторыми другими формулами ЗакНИИ характеризуется наивысшими оценками коэффициента корреляции наблюдаемых и рассчитанных значений средней скорости турбулентных селевых потоков. Эта формула при $l/m = 3,75$ [7] также была использована для расчета средней скорости исключительно катастрофического селевого потока, прошедшего в верховьях реки Санта (Перу) и вызванного обрушением части карниза ледника Уаскаран 10 января 1962 г. [17]. Средняя скорость этого селя, при его средней глубине (90 м) и уклоне (0,30) составляла около 27,8 м/с. По расчету с помощью указанной формулы его скорость получилась равной 29,1 м/с. Это очень хороший результат, учитывая, что гидравлические параметры этого селевого потока не были включены в статистическую обработку при обосновании рассматриваемой формулы (7). В то же время оказалось, что рассчитанные по этой формуле значения скорости турбулентных селевых потоков в среднем оказались заниженными примерно на 10 % [19, 27]. Для устранения этого недостатка в предлагаемой классификации выделена вторая категория турбулентных селевых потоков с параметром $l/m = 4,75$. Эта категория характеризует практически предельные значения средних скоростей турбулентных селевых потоков, в частности при их движении на относительно прямолинейных участках русла или в виде волн. В последнем случае, как известно из гидрологии, движение является неустановившимся, и

скорость волны значительно превышает среднюю скорость потока при установившемся движении. Подтверждением этому для селевых потоков мы находим в работе Л. Н. Гавришиной [2]. Необходимо отметить, что в случае затруднений определения категории турбулентных селевых потоков, для расчета их скорости может быть использовано среднее значение параметра $I/m = 4,25$.

На рис. 2 приведены для второй (II) и третьей (III) категории предлагаемой классификации зависимости средней скорости турбулентных селевых потоков от комплексного параметра $\sqrt{H^6 I}$.

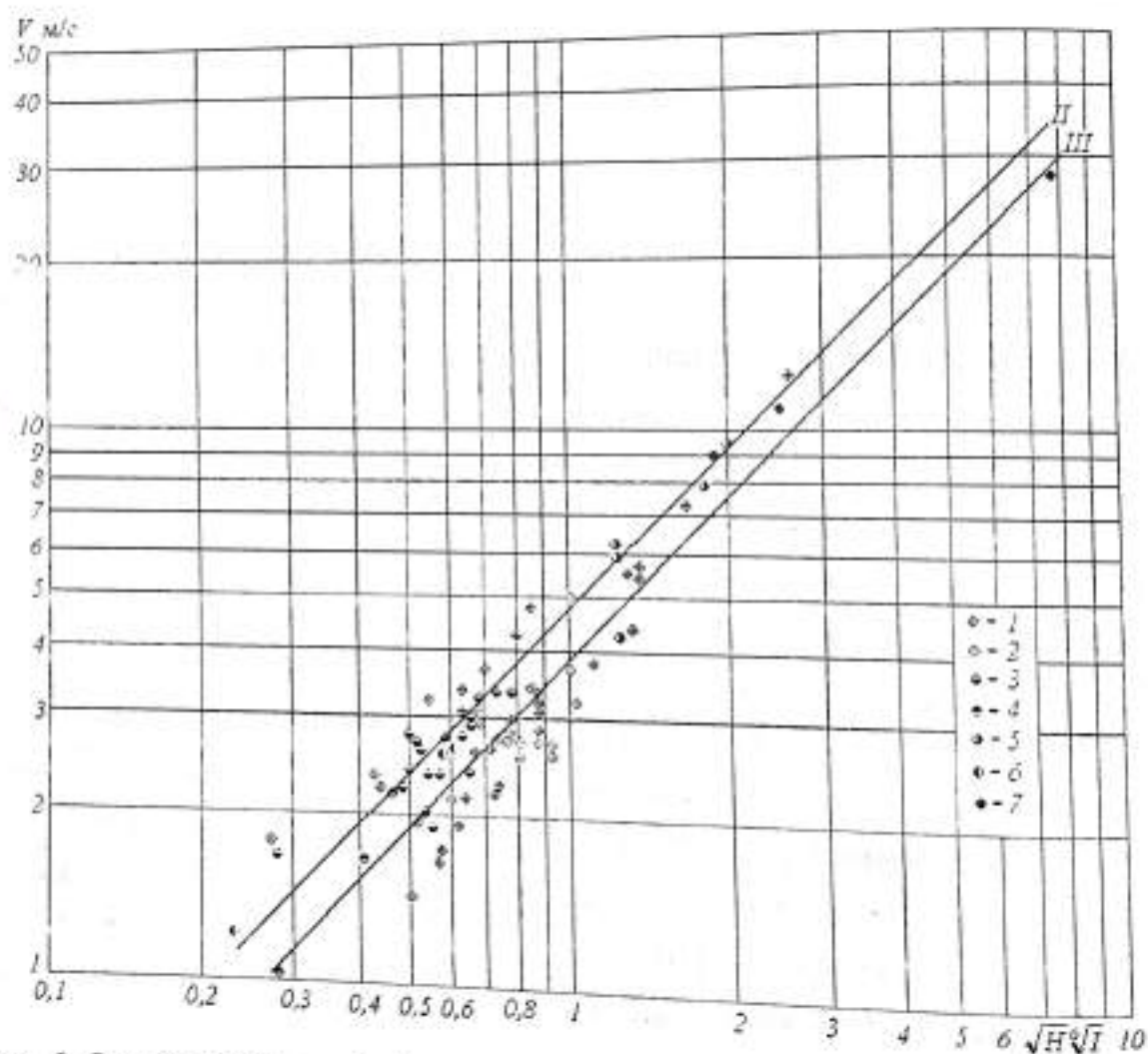


Рис. 2. Зависимость средней скорости V турбулентных селевых потоков от комплексного параметра $\sqrt{H^6 I}$. 1 - селевые потоки р. Дуруджа; 2 - Микросели на горных склонах; 3 - селевые потоки р. М. Алматинка; 4 - селевые потоки р. Кокчека; 5 - селевые эксперименты в бассейне р. Чемолган; 6 - селевые потоки рр. Гетар и Акташкя; 7 - селевые потоки р. Санта (Перу).

Для ее построения использованы указанные выше 76 критериальных характеристик, дополненные данными о гидравлических элементах турбулентных селевых потоков, полученными в процессе натуральных экспериментов на Чемолганском полигоне КазНИГМИ в 1975 г. [1, 23, 28] и в 1978 г. [15, 23], а также сведениями о уже упоминавшемся исключительно катастрофическом селевом потоке гляциального генезиса, сформировавшемся в долине р. Санта (Перу) 10 января 1962 г. [18]. Всего были использованы гидравлические характеристики 87 селевых потоков. Коэффициент корреляции этой зависимости равен $0,97 \pm 0,005$. При дальнейшем анализе из рассматриваемой совокупности были исключены значение гидравлических элементов 12 селевых потоков, характеризующихся числом Фруда $Fr < 0,4$. Они, по видимому, относятся к переходной зоне от турбулентных к квазиламинарным селевым потокам [23, 27], характеризующимся очень низкими значениями чисел Фруда $Fr \approx 0,1$. Для оставшейся совокупности (75 значений) коэффициент корреляции рассматриваемой зависимости равен $0,98 \pm 0,005$. При значении параметра $1/m = 4,25$ математические ожидания наблюдаемых и рассчитанных значений средних скоростей турбулентных селевых потоков оказались практически одинаковыми.

Результаты исследований автора позволяют произвести сопоставление средних скоростей турбулентных водных (6) и селевых потоков (7) при одинаковых уклонах и средних глубинах, а также при наиболее вероятных (4,75 и 4,25) или одинаковых (4,75) значениях параметра шероховатости $1/m$. Расчеты по формулам (6) и (7) показали, что в первом случае для значений параметра шероховатости соответственно равных 4,75 и 4,25 при средней глубине $H < 0,5$ м скорость селевого потока оказалась больше, а при $H > 0,5$ м - меньше скорости водного потока. При $H = 0,5$ м их скорости были равными. Во втором случае для одинакового значения параметра шероховатости равного 4,75 при $H < 1$ м скорости селевого потока оказались больше, а при $H > 1$ м - меньше скорости водного потока. При $H = 1$ м их скорости были равны. Поэтому следует полагать, что при средней глубине более $0,5 \div 1,0$ м скорости водных потоков превышают скорости селевых потоков. Это заключение хорошо согласуется с результатами наших предыдущих исследований [7, 8] и подтверждается результатами работ других авторов [19, 27, 31]. В частности в работе [31] показано, что при использовании формулы Шези-Маннинга для расчета скорости водных и селевых потоков коэффициенты их шероховатости n в сред-

нем оказались соответственно равными 0,067 и 0,1. Следовательно, параметр шероховатости $1/m$ для водных потоков будет равен 15, а для турбулентных селевых потоков 10. Это указывает на то, что при одинаковых значениях средних глубин и уклонов скорость водных потоков примерно в 1,5 раза превышает скорость турбулентных селевых потоков.

Проведенные исследования характеристик шероховатости горных турбулентных потоков позволяют сделать следующие основные выводы.

1. Использование формул вида (5 - 7) позволяет значительно усовершенствовать классификацию русел полугорных и горных потоков и разработать более надежные способы определения коэффициента шероховатости.

2. Параметр $1/m$ в формуле (6), в основном изменяется от 3,0 до 6,5, причем 80 % его значений находится в диапазоне 3,50...6,00. Интервал 4,50...5,00 характеризуется наибольшей повторяемостью. Распределение $1/m$ близко к нормальному с математическим ожиданием 4,75 и средним квадратическим отклонением примерно равным единице. При таких характеристиках распределения ошибок определения рассматриваемого параметра по его математическому ожиданию с вероятностью 66 % не выйдет за пределы ± 20 %, с вероятностью 77 % - за пределы ± 25 % и с вероятностью 90 % - за пределы ± 35 %.

3. Исследования показали, что коэффициент шероховатости $1/m$ для турбулентных селевых потоков высокой плотности (более $1700 \dots 1800 \text{ кг/м}^3$) в основном изменяется в пределах 3,00-5,50 с математическим ожиданием 4,25.

4. Значение параметра $1/m$ в предлагаемых формулах может быть принято равным его математическому ожиданию или определено путем использования классификации русел. В предлагаемой классификации русел, водные потоки разделены на три категории, а турбулентные селевые потоки на две категории, в зависимости от значения параметра $1/m$ и коэффициента шероховатости m . В качестве одного из критериев классификации русел водных потоков по величине коэффициента шероховатости m впервые предлагается использовать сведения и признаки, характеризующие наличие или отсутствие движения наносов.

5. Предложенная классификация позволяет в значительной мере избежать субъективности при определении коэффициента шероховатости русел полугорных и горных потоков и повысить точность расчета средней скорости в условиях ограниченной информации.

6. Материалы наблюдений и расчеты показали, что при одинаковом уклоне и глубине $H \leq 1$ м скорость селевых турбулентных селевых потоков может быть равна или даже несколько больше скорости водных потоков. При глубине $H > 1$ м скорость водных потоков превышает скорость турбулентных селевых потоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов Ю.Б. Искусственное воспроизведение селевых потоков на экспериментальном полигоне в бассейне р. Чемолган // Селевые потоки - 1976. Сб. 1. - С. 3 - 7.
2. Гавришина Л.Н. Исследование кинематики селевого потока с применением кинометода // Селевые потоки. - 1980. - № 5. - С. 72 - 77.
3. Герасимов С. Проводимост на речните легла при хидрометричните станции в басейна на река Марица // Известия на института по хидрология и метеорология Българска академия на науките. - 1966. - Т. VIII. - С. 79 - 96.
4. Герасимов С. Формула за средната скорост на дотичане на водата по планински и предпланински реки // Хидрология и метеорология - 1967. - Год XVI. - Кн. 4. - С. 35 - 44.
5. Голубцов В.В. О расчете средней скорости полугорных и горных рек // Информационное письмо УГМС КазССР. - 1967. - № 7. Июль. - С. 1 - 5.
6. Голубцов В.В. О гидравлическом сопротивлении и формуле для расчета средней скорости течения горных рек // Труды КазНИГМИ. - 1969. - Вып. 33. - С. 30 - 41.
7. Голубцов В.В. О расчете средней скорости турбулентных селевых потоков // Сб. работ Алма-Атинской ГМО. - 1969. - Вып. 4. - С. 163 - 167.
8. Голубцов В.В. Гидравлические сопротивления и расчет средней скорости течения полугорных и горных потоков // Гидрометеорология и экология. - 2000. - № 3 - 4. - С. 59 - 83.
9. Евреинов В.Н. Гидравлика. - Л.- М.: Речиздат, 1947. - 740 с.
10. Желязняков Г.В. Гидравлическое обоснование методов речной гидрометрии. - М.-Л.: Изд. АН СССР. - 1950. - 164 с.
11. Желязняков Г.В. Пропускная способность русел каналов и рек. - Л.: Гидрометеониздат. - 1981. - 311 с.
12. Зудина Н.И. О виде формулы для расчета коэффициента Шези на участке рек горно-предгорной зоны // Тр. САРНИГМИ. - 1973. - Вып. 3 (84). - С. 127 - 138.

13. Зудина Н.И. О двух режимах гидравлических сопротивлений рек горно-предгорной зоне // Труды САНИГМИ. - 1970. - Вып. 54 (69). - С. 105 - 112.
14. Киренская Т. Л., Степанов Б. С., Хонин Р. В. Селевой поток в бассейне р. Большая Алматинка 19 августа 1975 г. // Селевые потоки. - 1977. - №2. - С. 115 - 119.
15. Киренская Т.Л., Степанова Т.С., Балабаев Ф.Г. Чемолган-78 // Селевые потоки. - 1980. - № 5. - С. 64 - 71.
16. Мостков М.А. Прикладная гидромеханика. - М.Л.: Госэнергоиздат. - 1963. - 463 с.
17. Никитина Л.С. О величинах коэффициента Кориолиса и Буссинеска в открытых безнапорных потоках// Вестник МУ. География- 1972. - № 5. - С. 91 - 94.
18. Пеньяэррера дель Агила К. Лавинный поток в Ранраирка (Перу) 10.01.1962 г. Доклад на международном семинаре ООН по противопаводковым мероприятиям ГрузНИГим Тбилиси. - 1969. - 7 с.
19. Рухадзе Н.В. К определению скоростей течения паводков и селевых потоков при проектировании селезащитных и селепропускных сооружений// Труды ЗакНИГМИ. - 1984. - Вып.83 (90). - С. 60 - 66.
20. Сосоров М.П. О формулах для коэффициента Шези// Гидротехническое строительство. - 1960. - № 2. - С. 53 - 54.
21. Справочник по гидравлическим расчетам / Под ред. П.Г. Киселева. - М.-Л.: 1972. - 312 с.
22. Срибный М.Ф. Формула средней скорости течения и их гидравлическая классификация по сопротивлению движению// Сб. Исследование и комплексное использование водных ресурсов. - 1960. - Изд. АН СССР. - С. 204 - 220.
23. Степанов Б.С., Степанова Т.С. Механика селей. - М. Гидрометеиздат. - 1991. - 379 с.
24. Талмаза В.Ф. О коэффициентах групповой шероховатости Шези для горных рек Киргизии// Изв. АН Киргизской ССР, сер. Естественных и технических наук. - 1962. - Том IV. - Вып. 5. - С. 51 - 62.
25. Талмаза В.Ф. Об определении коэффициента шероховатости рек горно-предгорной зоны// Сб. Вопросы водного хозяйства. Киргизского НИИ водного хозяйства. - 1968. - Вып. 2 (гидротехника). - С. 63 - 68.
26. Форхгеймер Ф. Гидравлика. - М.-Л. - 1935. - Главная редакция энергетической литературы. - 615 с.

27. Херхеулидзе Н.И. Скорости течения и русловые характеристики селевых потоков// Труды ЗаКНИГМИ. - 1972. - Вып. 40(46). - С. 134 - 180.
28. Хонин Р.В., Керемкулов В.А., Мочалов В.П. Третий эксперимент по искусственному воспроизведению грязекаменного потока// Селевые потоки. - 1977.- № 2. - С. 57 - 63.
29. Чертоусов М.Д. Гидравлика (Специальный курс). - М.-Л.: Госэнергоиздат, 1962. - Изд. 4-е, - 630 с.
30. Шестакова Р.А. Определение расходов воды при высоких уровнях по уклону водной поверхности и коэффициенту C Шези// Труды ГГИ. - 1963.- Вып. 106. - С. 71 - 122.
31. Rickenmann D. Empirical Relationships for Debris flows. Manuscript submitted to "Natural Hazards" September. - 1998. - P. 42

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ЖАРТЫЛАЙ ТАУЛЫ ЖӘНЕ ТАУЛЫ АҒЫСТАРДЫҢ КЕДІР- БҰДЫРЛЫҚ КОЭФФИЦИЕНТІ МӨЛШЕРІ БОЙЫНША КЛАССИФИКАЦИЯСЫ

Геогр ғылымд. канд.

В.В. Голубцов

Жартылай таулы және таулы ағыстардың гидрометеорологиялық материалдар көмегімен анықталған кедір-бұдырлық коэффициенті мөлшері бойынша классификациясы жасалған. Беріліп отырған классификацияда жартылай таулы және таулы су ағыстарының арналары үш дәрежеге, ал тұрбулентті сел ағыстарының арналары екі дәрежеге бөлінген. Ұсынылып отырған классификация едәуір жағдайларда жартылай таулы және таулы ағыс арналарының кедір-бұдырлығы коэффициентін анықтау кезінде субъективтіліктен сақтануға және шектеулі ақпарат жағдайында олардың орташа жылдамдығын есептеуге мүмкіндік береді.