ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР
МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА СССР

ИНСТРУКЦИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОЖДЕВЫХ СЕЛЕЙ ВСН 03-76

ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ
ЛЕНИНГРАД • 1976

gost.e-ecolog.ru

УДК 556.123+627.4(048)

«Инструкция по определению расчетных характеристик дождевых селей» разработана Закавказским научно-исследовательским Гидрометеорологическим институтом (ЗакНИГМИ) с участием Государственного гидрологического института (ГГИ).

Инструкция согласована с Госстроем СССР.

Редакторы: д-р техн. наук А. И. Чеботарев (ГГИ), кандидаты техн. наук И. И. Херхеулидзе (ЗакНИГМИ), Б. И. Серпик (ГГИ).

И $\frac{20806\text{-}207}{069(02)\text{-}76}$ без объявл.

© Главгидрометслужба, 1976 г.

Главное Управление гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР (Главгидрометслужба)	Ведомственные строительные нормы	ВСН-03-76
Министерство транспортного строительства СССР (Минтрансстрой СССР)	Инструкция по определению расчетных характеристик дождевых селей	Главгидрометслужба

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Требования настоящей Инструкции должны соблюдаться при определении максимальных расходов и объемов селевого стока, гидравлических характеристик селевых потоков (скоростей течения и уровней), максимальных размывов в естественном (нестесненном) русле и среднегодового объема твердого стока селевых бассейнов.

1.2. Требования Инструкции следует соблюдать при проектировании селезащитных сооружений в условиях планировки и застройки населенных пунктов при разработке генеральных планов промышленных, сельскохозяйственных и других предприятий, зданий и сооружений различного назначения (гидроэнергетических, речного, железнодорожного и автомобильного транспорта и др.), сооружений мелиоративных систем, систем водоснабжения, а также при инженерных изысканиях для строительства.

Внесены	Утверждены	Срок введения в действие
Закавказским научно-исследовательским гидрометеорологическим институтом Главгидрометслужбы	Главгидрометслужбой 24 февраля 1976 г. Минтрансстроем СССР 2 марта 1976 г.	1 октября 1976 г.

1.3. В Инструкции характеристики селей оцениваются для бытовых (естественных) условий, т. е. без учета влияния на них различных инженерных сооружений (запруд, дамб, мостовых переходов, берегозащитных сооружений и т. д.).

1.4. Для всех характеристик селя, рассматриваемых в настоящей Инструкции, вероятность ежегодного превышения (обеспеченность) отождествляется с вероятностью ежегодного превышения максимального расхода, являющегося основной расчетной величиной, определяющей все основные характеристики селевого потока в условиях данного бассейна.

1.5. Расчетная вероятность ежегодного превышения максимальных расходов селевых потоков при проектировании противоселевых сооружений, разрушение которых может создавать угрозу человеческим жизням (затопление жилых этажей и подвалов, входов в шахты, метро и т. д. или прорывы крупных селехранилищ, расположенных выше населенных пунктов), принимается равной 0,01%, независимо от класса капитальности проектируемого противоселевого сооружения.

В остальных случаях вероятность ежегодного превышения расчетного селевого расхода на стадии технико-экономического обоснования в результате специальных технико-экономических расчетов принимается в пределах 2,0—0,1%.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

2.1. При определении расчетных характеристик селей, используются следующие сведения и материалы, характеризующие водоток и его водосбор:

а) площадь водосбора (F) до расчетного створа, км^2;

б) длина водотока (L), км;

в) средневзвешенный уклон водотока (I), ‰;

г) средний уклон водотока в пределах расчетного участка (створа) ($I_у$), ‰;

д) средний уклон водосбора ($I_в$), ‰;

е) средняя высота водосбора над уровнем моря ($H_{ср}$), м;

ж) относительная величина залесенности водосбора ($f_л$), %; должна быть показана гидрографическая сеть, отметки истоков и устьев тальвегов, впадающих непосредственно в главное русло, площадь водосбора которых составляет более 10% от площади до расчетного створа, контуры залесенных площадей, ледников и селевых очагов;

и) инженерно-геологическая карта бассейна с выделением

з) план бассейна в масштабе 1 : 25 000—1 : 100 000; на плане на ней главным образом зон распространения рыхлых и слабосцементированных отложений, оползневых, обвальных и осыпных участков и других очагов питания селевых потоков;

к) почвенно-эрозионная карта с выделением зон эрозии;

л) карта растительности;

м) продольные профили основного водотока и всех селевых тальвегов, непосредственно впадающих в главное русло. На продольных профилях показывают расстояния от истока и между поперечными профилями; кроме того, указываются: места впадения основных притоков, отметки низшей точки дна и уровня воды в межень, ширина русла на высоте 2 и 10 м от дна, характер и ориентировочная мощность русловых отложений;

н) поперечные профили в створах, для которых требуется произвести расчеты характеристик селевого потока, а также на основной реке, в которую впадает рассматриваемый селевой водоток; здесь снимается не менее трех поперечных профилей, в пределах полной ширины разлива при высоких исторических уровнях (ВИУ), у устья притока, выше и ниже по течению в пределах двух ширин долины. На этих профилях указываются: характерные диаметры русловых отложений ($d_{ср}$, d_{70}, d_5), уклон русла на расстоянии не менее двух ширин русла, определенных на высоте 2 м от дна; поперечные профили снимаются до высоты не менее 20—25 м от дна и обязательно во всех створах, в которых установлены метки ВИУ;

о) кривые гранулометрического состава отложений наносов в русле и пойме в каждом снятом поперечном профиле. Размеры крупных обломков характеризуются по трем направлениям; приводятся данные об удельном и объемном весах отложений. Для глинистых фракций русловых и пойменных отложений даются характеристики аттербергских пределов текучести. Места взятия проб, по которым определяются указанные характеристики, должны быть указаны на плане бассейна и даваться в одной системе отметок и координат с продольными и поперечными профилями.

2.2. В расчетах используются следующие физические характеристики содержания твердых материалов в селевой массе.

а. Объемный вес селевой массы (γ_c, т/м^3) определяется по формуле

$$\gamma_c = \frac{\rho(\gamma_т - 1) + \gamma_т}{\gamma_т}, \qquad (1)$$

где ρ — мутность воды, т/м^3; $\gamma_т$ — объемный вес твердого компонента в плотном теле, без пустот, т/м^3.

б. Объемная концентрация твердых материалов в селевой массе (S_o) определяется по формуле

$$S_o = \frac{W_т}{W_т + W_в} = \frac{\gamma_c - 1}{\gamma_т - 1} = \frac{\rho}{\gamma_т}, \qquad (2)$$

где $W_т$ — объем твердых материалов в плотном теле (без пустот), м^3; $W_в$ — объем воды, м^3.

в. Расчетная объемная концентрация твердого компонента селя для пиковой фазы селевого потока (S_{oP}) с заданной вероятностью превышения ($P\%$) определяется по формуле

$$S_{oP}=\frac{S_{пт}\cdot S\,P}{1+\frac{0{,}0555}{\mu^{x_1}\left(\frac{I}{1000}\right)^{x_2}}}\leqslant 0{,}95S_{пт}, \tag{3}$$

где

$$x_1=\frac{0{,}25}{(\mu+0{,}0625)^{0{,}5}}; \tag{4}$$

$$x_2=\frac{2{,}0}{(I+32)^{0{,}2}}; \tag{5}$$

I — средний уклон главного тальвега, ‰; μ — коэффициент селеактивности бассейна, определяемый по формуле

$$\mu=\frac{\sum_{i=1}^{n}F_i z_i}{F}; \tag{6}$$

F_i — площади отдельных участков бассейна, характеризующиеся удельными коэффициентами селеактивности z_i, определяемыми по табл. 1.

При отсутствии сведений, характеризующих селеактивность бассейна, коэффициент μ допускается определять по уравнению

$$\mu\geqslant 0{,}063I^{0{,}40}. \tag{7}$$

Предельная объемная концентрация твердых материалов в селевой массе ($S_{пт}$), при которой она теряет свойство текучести, определяется по формуле

$$S_{пт}=|1{,}33(1-K_o)+1{,}89S_W K_o|\frac{\gamma_т^{0{,}65}-1}{\gamma_т-1}\leqslant 0{,}705, \tag{8}$$

где K_o — относительное содержание в твердом компоненте тонкоглинистых фракций диаметром менее 0,002 мм; S_W — объемная концентрация тонкоглинистой фазы селевой массы на пределе текучести, определяемая по формуле

$$S_W=\frac{1}{1+LL\gamma_т}; \tag{9}$$

LL — предел текучести, по Аттербергу, для тонкоглинистых фракций, определяется по табл. 2; $\gamma_т$ — объемный вес твердого компонента селя, определяется по фактическим данным, при отсутствии их — по табл. 3.

Значения предельной объемной концентрации твердой фазы селевой массы ($S_{пт}$) при различном содержании тонкоглинистой

Таблица 1

№ категории	Характеристика участков	Удельные коэффициенты селеактивности z_i
1	Мощные эрозионные врезы, заполненные рыхлообломочным материалом. Зоны накопления рыхлообломочного материала у границ ледников и снежников. Конусы выноса селевых притоков и лавинных лотков. Русла и террасы главного тальвега и основных притоков, выполненные мощными отложениями рыхлых материалов, с неустойчивыми склонами, подрезаемыми при проходе высоких вод	0,70—1,00
2	Обнаженные, крутопадающие склоны, подверженные интенсивному выветриванию, зоны развития обвалов, камнепадов, оползней и осыпей . .	0,70—0,90
3	Зоны под пахотой или изреженным лесом и кустарником с выбитой подстилкой	0,10—0,20
4	Зоны под сомкнутым лесом с нормальной подстилкой, но при плохо организованном лесном хозяйстве, с возможным образованием карчехода и заломов	0,05—0,15
5	Зоны под альпийскими лугами с полноценным дерновым покровом и нормально организованным выпасом скота	0,04—0,06
6	Зоны под сомкнутым лесом с полноценной подстилкой и правильно организованным лесным хозяйством	0,01—0,03
7	Зоны отсутствия эрозии или наличия лишь ее следов	0,005—0,01

Примечания: 1. Участки селевых очагов по п. 1, 2, на которых распространены глинистые и аспидные сланцы нижней юры, мергели, сланцы, аргиллиты, песчаники карбонатно-терригенного флиша верхней юры, мела, палеогена, слабосцементированные конгломераты, суглинки и глины молассовой серии миоцена, глины, суглинки, аргиллиты, лёссовидные породы, конгломераты, галечники неогена и четвертичного периода, оцениваются по высшему значению удельного коэффициента для своей категории. 2. Участки селевых очагов по п. 1, 2, 3, на которых распространены кристаллические породы порфиритового состава средней юры, карбонатные породы верхней юры и мела, оцениваются применительно к низшим удельным коэффициентам для своей категории. 3. Чем более степень эрозионной расчлененности селевых очагов и чем больше уклоны их русел и склонов, тем выше назначается удельный коэффициент в своей категории. 4. Селевые очаги, непосредственно примыкающие к селевым руслам, оцениваются по высшему баллу в своей категории.

Таблица 2

Глина различного минералогического состава	Предел текучести LL, по Аттербергу, доли единицы
Литиевые и натриевые монтмориллониты	3,00—7,00
Кальциевые и магниевые монтмориллониты	1,50—2,00
Калиевые монтмориллониты	1,25—3,00
Аттапульгиты	1,00—3,00
Иллиты	0,60—1,00
Каолиниты, галуазиты	0,30—0,75
Глины	0,25—0,35
Лёссы	0,20—0,30
Суглинки	0,15—0,25
Супеси	0,12—0,17

Таблица 3

Грунты	Объемный вес в плотном теле, $\gamma_т$, т/м³
Пески, гравий, валунник и их разности	2,65
Супеси и суглинки	2,70
Лёссы	2,62
Глины	2,75

Таблица 4

Значения $S_{пт}$

K_0	Предел текучести LL						
	0,30	0,50	0,75	1	2	3	6
0,01	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
0,05	0,70	0,69	0,69	0,69	0,68	0,68	0,68
0,10	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,65	0,64
0,15	0,68	0,66	0,65	0,64	0,62	0,62	0,61
0,20	0,68	0,65	0,63	0,62	0,60	0,59	0,58
0,25	0,67	0,64	0,61	0,60	0,57	0,56	0,54
0,30	0,66	0,62	0,59	0,58	0,54	0,53	0,51
0,35	0,65	0,61	0,58	0,55	0,51	0,50	0,48
0,40	0,64	0,59	0,56	0,53	0,49	0,47	0,45
0,45	0,64	0,58	0,54	0,51	0,46	0,44	0,42
0,50	0,63	0,57	0,52	0,49	0,43	0,41	0,38
0,55	0,62	0,55	0,50	0,47	0,40	0,38	0,35
0,60	0,61	0,54	0,48	0,44	0,38	0,35	0,32
0,65	0,61	0,52	0,46	0,42	0,35	0,32	0,28
0,70	0,60	0,51	0,44	0,40	0,32	0,29	0,25
0,75	0,60	0,49	0,42	0,38	0,29	0,26	0,22
0,80	0,58	0,48	0,40	0,36	0,26	0,23	0,19
0,85	0,57	0,47	0,38	0,33	0,24	0,20	0,16
0,90	0,57	0,45	0,37	0,31	0,21	0,17	0,12
0,95	0,56	0,44	0,36	0,29	0,18	0,14	0,02
1,00	0,55	0,42	0,33	0,27	0,16	0,11	0,00

Таблица 5

Значения объемной концентрации $S_{\text{пр}}$

I °/₀₀	Коэффициент селеактивности μ					
	0,01	0,02	0,03	0,05	0,10	0,15
1000	0,140	0,260	0,360	0,468	0,572	0,610
700	0,121	0,233	0,320	0,434	0,551	0,593
600	0,112	0,220	0,305	0,418	0,539	0,584
500	0,102	0,203	0,285	0,399	0,525	0,573
400	0,090	0,182	0,261	0,373	0,504	0,556
300	0,074	0,155	0,227	0,336	0,472	0,530
200	0,055	0,119	0,180	0,279	0,419	0,483
150	0,044	0,095	0,148	0,238	0,375	0,442
100	0,030	0,078	0,105	0,180	0,306	0,376
70	0,021	0,048	0,075	0,135	0,243	0,310
50	0,015	0,034	0,055	0,099	0,188	0,248
35	0,010	0,023	0,038	0,069	0,138	0,186
20	0,0051	0,012	0,021	0,038	0,079	0,111
10	0,0023	0,0054	0,009	0,017	0,038	0,054
5	0,0010	0,0025	0,004	0,008	0,018	0,027
2	0,0007	0,0009	0,0016	0,0033	0,0070	0,010
1	0,0002	0,0004	0,0003	0,0015	0,0033	0,0050

I °/₀₀	Коэффициент селеактивности μ					
	0,20	0,30	0,40	0,50	0,70	1,0
1000	0,630	0,646	0,654	0,653	0,665	0,670
700	0,614	0,634	0,644	0.649	0,656	0,660
600	0,607	0,628	0,639	0,645	0,652	0,656
500	0,597	0,620	0,632	0,639	0,646	0,651
400	0,582	0,609	0,622	0,629	0,637	0,643
300	0,560	0,590	0,605	0,614	0,624	0,631
200	0,519	0,555	0,573	0,585	0,597	0,606
150	0,481	0,522	0,543	0,556	0,571	0,581
100	0,418	0,465	0,490	0,506	0,524	0,537
70	0,353	0,403	0,439	0,449	0,469	0,485
50	0,289	0,339	0,367	0,386	0,403	0,425
35	0,221	0,266	0,293	0,312	0,334	0,352
20	0,136	0,170	0,192	0,207	0,227	0,243
10	0,068	0,078	0,101	0,111	0,123	0,134
5	0,033	0,043	0,050	0,055	0,062	0,068
2	0,013	0,017	0,020	0,022	0,024	0,027
1	0,0062	0,009	0,010	0,011	0,012	0,013

фазы (K_0) и различных пределах текучести (LL) при $\gamma_т = 2{,}65$ т/м³ приведены в табл. 4.

г. Объемная концентрация, осредненная за весь паводок, вычисляется по формуле

$$\overline{S}_{0P} = 1{,}065\,(S_{0P})^{1{,}25} \leqslant 0{,}64. \qquad (10)$$

д. Значения S_{0P}, вычисленные по формуле (3) при различных значениях средних уклонов рек и логов (I‰) и различных коэффициентах селеактивности (μ) при предельной объемной концентрации $S_{пт}=0{,}705$ и вероятности ежегодного превышения $P=1\%$, приведены в табл. 5, а величины $\overline{S}_{0P}$, вычисленные по формуле (10),— в табл. 6.

Таблица 6

Значения осредненной объемной концентрации

S_{0P}	$\overline{S}_{0P}$	S_{0P}	$\overline{S}_{0P}$	S_{0P}	$\overline{S}_{0P}$
0,010	0,0034	0,100	0,0600	0,600	0,562
0,015	0,0057	0,150	0,0994	0,610	0,574
0,020	0,0080	0,200	0,143	0,620	0,586
0,030	0,0133	0,250	0,189	0,630	0,597
0,040	0,0191	0,300	0,237	0,640	0,610
0,050	0,0252	0,350	0,286	0,650	0,622
0,060	0,0317	0,400	0,339	0,660	0,634
0,070	0,0384	0,450	0,393	0,665	0,640
0,080	0,0453	0,500	0,447	0,670	0,645
0,090	0,0525	0,550	0,505		

Для перехода от величин S_{0P}, вычисленных при $P=1\%$, к значениям S_{0P}, соответствующим другим обеспеченностям, используются переходные коэффициенты $\lambda_{SP}=\dfrac{S_{0P}}{S_{01\%}}$, приведенные в табл. 7.

В случаях, когда $S_{пт} \neq 0{,}705$, величины S_{0P} и $\overline{S}_{0P}$ вычисляются соответственно по формулам (3) и (10).

е. Коэффициенты текучести селевой массы для пиковой фазы ($W_{отP}$) и для всего селевого потока ($\overline{W}_{отP}$) определяются по формулам:

$$W_{отP} = 1 - \frac{S_{0P}}{S_{пт}} \geqslant 0{,}050, \qquad (11)$$

$$\overline{W}_{отP} = 1 - \frac{\overline{S}_{0P}}{S_{пт}} \geqslant 0{,}085. \qquad (12)$$

ж. Коэффициент пористости почво-грунтов, вовлекаемых с поверхности водосбора в поток ($\varepsilon_в$), определяется на основа-

Таблица 7

Значения переходных коэффициентов λ_{sP}

S_{0P} при $P=1\%$	Вероятность ежегодного превышения, %							
	0,01	0,1	0,33	1	5	10	20	50
0,01	1,27	1,17	1,09	1,0	0,82	0,74	0,56	0,14
0,05	1,26	1,16	1,08	1,0	0,83	0,75	0,57	0,14
0,10	1,25	1,15	1,08	1,0	0,84	0,76	0,58	0,15
0,15	1,23	1,14	1,08	1,0	0,85	0,77	0,59	0,16
0,20	1,21	1,13	1,07	1,0	0,86	0,78	0,60	0,17
0,25	1,20	1,12	1,07	1,0	0,86	0,79	0,62	0,18
0,30	1,18	1,11	1,06	1,0	0,87	0,80	0,64	0,19
0,35	1,17	1,10	1,05	1,0	0,88	0,81	0,65	0,20
0,40	1,15	1,09	1,05	1,0	0,88	0,82	0,67	0,21
0,45	1,14	1,09	1,04	1,0	0,89	0,83	0,69	0,22
0,50	1,13	1,08	1,04	1,0	0,90	0,85	0,71	0,24
0,55	1,11	1,07	1,04	1,0	0,91	0,86	0,73	0,26
0,60	1,10	1,06	1,03	1,0	0,92	0,88	0,75	0,29
0,65	1,03	1,03	1,03	1,0	0,93	0,89	0,78	0,31
0,66	1,01	1,01	1,00	1,0	0,93	0,89	0,79	0,31
0,67	1,00	1,00	1,00	1,0	0,94	0,90	0,80	0,32

нии натурных исследований. Расчетные значения его не могут превышать предельного значения $\lim \varepsilon_e$, равного

$$\lim \varepsilon_e = \frac{1 - \delta S_{пт}}{\delta S_{пт}}, \qquad (13)$$

Таблица 8

Коэффициент пористости $\varepsilon_{отл}$

Характеристика грунтов	Вероятность ежегодного превышения селевого паводка, %								
	0,01	0,1	0,33	1	2	5	10	20	50
Крупнофракционные грунты с содержанием глинистых фракций менее 5%	0,65	0,62	0,60	0,59	0,58	0,56	0,55	0,53	0,50
Глины и моренные суглинки	0,60	0,56	0,54	0,52	0,50	0,48	0,46	0,44	0,40
Глины и делювиальные суглинки	1,20	1,08	1,02	0,96	0,92	0,85	0,80	0,75	0,65
Лёссовидные отложения	1,50	1,30	1,18	1,10	1,03	0,97	0,92	0,84	0,70

где $\delta=0{,}7—1{,}0$ — коэффициент водонасыщенности почво-грунтов, поступающих в поток.

3. Объемный вес (т/м³) свежих селевых отложений на конусе выноса определяется по выражению

$$\gamma_{отл}=\frac{\gamma_т}{1+\varepsilon_{отл}}, \qquad (14)$$

где $\varepsilon_{отл}$ — коэффициент пористости свежих селевых отложений; принимается он по табл. 8 в зависимости от состава отложений и расчетной вероятности ежегодного превышения максимального расхода селевого паводка $P\%$.

3. МАКСИМАЛЬНЫЕ РАСХОДЫ И ОБЪЕМЫ СЕЛЕВОГО СТОКА

3.1. Если в процессе изысканий в определенном створе установлены метки прошедшего высокого селя, поперечный профиль сечения русла реки в этом створе, продольный уклон поверхности селевого потока (по следам селя) или уклон дна долины, объемный вес селевой массы, то максимальный расход этого селя (м³/с) следует определять по формуле

$$Q_с=\omega v_{ср}, \qquad (15)$$

где ω — площадь живого сечения русла, м²; v — средняя скорость потока, определяемая по формулам (29) или (32).

3.2. Максимальный расход селевого паводка (в м³/с) с вероятностью превышения $P\%$, сформированный ливневыми осадками, определяется по формуле

$$Q_{сР}=q_{1\%}m_а\lambda'_P\left(\frac{1}{W'_{отР}}\right)^{1{,}08}F, \qquad (16)$$

где $q_{1\%}$ — модуль максимального дождевого стока вероятностью превышения $P=1\%$, м³/(с·км²), определяется по табл. 9 в зависимости от бассейнового времени добегания (τ) и гидрологического района, в котором расположен водосбор; $m_а$ — коэффициент, зависящий от гидрологического района расположения водосбора, принимается по табл. 10; λ'_P — переходный коэффициент от селевого расхода обеспеченностью $P=1\%$ к расходу другой обеспеченности, определяется по табл. 11.

Бассейновое время добегания определяется по формуле

$$\tau=\frac{L}{2{,}45\sqrt[4]{I}}, \qquad (17)$$

где L — длина реки по основному тальвегу от водораздела до замыкающего створа, км; I — средний уклон реки, ‰.

Таблица 9

Модуль максимального дождевого стока $q_{1\%}$

Бассейновое время добегания τ, ч	Гидрологический район		Бассейновое время добегания τ, ч	Гидрологический район	
	первый	второй		первый	второй
0,10	14,4	25,0	5,5	1,39	3,00
0,20	10,5	18,5	6,0	1,30	2,84
0,30	8,55	15,4	6,5	1,23	2,67
0,50	6,49	12,0	7,0	1,16	2,53
0,75	5,10	9,71	7,5	1,10	2,40
1,0	4,16	8,30	8,0	1,04	2,28
1,5	3,34	6,76	9,0	0,95	2,08
2,0	2,81	5,78	10	0,88	1,91
2,5	2,43	5,07	12	0,76	1,64
3,0	2,15	4,53	14	0,67	1,44
3,5	1,93	4,11	16	0,60	1,28
4,0	1,76	3,76	20	0,50	1,05
4,5	1,61	3,48	25	0,42	0,85
5,0	1,49	3,23	30	0,36	0,72

Примечание. Для промежуточных значений τ величины $q_{1\%}$ определяются интерполяцией.

Таблица 10

Коэффициент m_a

Гидрологический район	
первый	второй
Восточное Закавказье (без Ленкорани), Средняя Азия, Южный Казахстан	Черноморское побережье Кавказа, предгорные и горные районы Северного Кавказа, высокогорные районы Кавказа, Ленкорань, Карпаты, Закарпатье, Молдавия, Южный берег Крыма, Приморье ДВК, юго-западное побережье оз. Байкал
$m_a = \frac{H_{1\%}}{110}$	$m_a = \frac{H_{1\%}}{250}$

Примечания: 1. Максимальные суточные осадки вероятностью превышения $P=1\%$ ($H_{1\%}$) определяются по «Указаниям по определению расчетных гидрологических характеристик» (СН 435-72). 2. Значения m_a не должны приниматься более 1,25 и менее 0,75.

Коэффициент текучести селевой массы ($W_{отр}$) для пиковой фазы селевого паводка определяется по формуле (11).

Таблица 11

Значения переходного коэффициента λ'_p

Район по табл. 10	Площадь водосбора F км²	Обеспеченность P%		
		0,01	0,1	1
Первый	1—100	4,6—4,0	2,4—2,2	1,0
	100—1000	4,0—3,6	2,2—2,0	1,0
Второй	1—100	4,0—3,2	2,2—1,9	1,0
	100—1000	3,2—2,5	1,9—1,7	1,0

Район по табл. 10	Площадь водосбора F км²	Обеспеченность P%		
		3	5	10
Первый	1—100	0,58—0,63	0,43—0,50	0,27—0,33
	100—1000	0,63—0,66	0,50—0,52	0,33—0,37
Второй	1—100	0,63—0,69	0,49—0,57	0,33—0,42
	100—1000	0,69—0,74	0,57—0,62	0,42—0,49

3.3. При наличии достаточно надежного аналога, по которому имеется ряд максимальных расходов воды, коэффициент m_a определяется по данным этого аналога

$$m_a = \frac{q_{\phi 1\%}}{q_{1\%\, a}}, \qquad (18)$$

где $q_{\phi 1\%}$ — максимальный модуль стока вероятностью превышения $P=1\%$, вычисленный по данным фактических наблюдений в пункте-аналоге; $q_{1\%a}$ — модуль максимального стока для того же пункта-аналога, определенный по табл. 9 в зависимости от бассейнового времени добегания (τ).

Данные по стоку реки-аналога считаются пригодными для использования при следующих условиях:

а) продолжительность непрерывных наблюдений за стоком составляет не менее 20 лет;

б) в периоды прохождения паводков ведутся учащенные наблюдения за уровнем воды, гарантирующие фиксирование наивысшего уровня за паводок;

в) вычисление максимальных расходов воды производилось по надежно экстраполированной кривой расходов.

3.4. Максимальный расход (м³/с), возникающий при прорыве завала (запруды) или плотины, должен определяться по формуле

$$Q_з = KB'H^{1,5}, \tag{19}$$

где K — коэффициент, зависящий от формы живого сечения прорана: при прямоугольной форме $K=1,7$, при параболической $K=1,0$ и треугольной $K=0,6$; H — высота подпорного горизонта над дном прорана, м; B' — ширина прорана на уровне от дна тальвега, равном $^2/_3H$, м.

3.5. При предварительных расчетах величины максимального расхода селевого паводка при прорыве затора (в м³/с) определяются по формуле

$$Q_с = Q_{вР}\frac{3}{1-S_{оР}}, \tag{20}$$

где $Q_{вР}$ — величина жидкой составляющей максимального расхода селевого паводка (в м³/с), определяемая по формуле

$$Q_{вР} = q_{1\%}m_а\lambda'_P F. \tag{21}$$

Величина $\left(\frac{3}{1-S_{оР}}\right)$ должна приниматься не более 6,0.

3.6. Объем селевого паводка (твердая и жидкая фазы) ($W_{сР}$ м³), соответствующий максимальному селевому расходу в зависимости от объема дождевого паводка ($W_{вР}$ м³) и коэффициента селенасыщенности (ψ_W), должен определяться по формуле

$$W_{сР} = W_{вР}\psi_W, \tag{22}$$

где

$$W_{вР} = q_{1\%}m_а\lambda'_P F C_P \cdot 10^3, \tag{23}$$

$$\psi_W = \frac{1}{\overline{W}_{отР}}, \tag{24}$$

C_P — коэффициент селевого паводка, зависящий от продолжительности бассейнового времени добегания (τ) и вероятности ежегодного превышения ($P\%$) максимального расхода селевого паводка, определяется по табл. 12.

3.7. Объем выноса твердых материалов (в плотном теле) за расчетную волну селевого паводка (в м³) должен определяться по формуле

$$W_{тР} = \overline{S}_{оР}W_{сР}. \tag{25}$$

Объемная концентрация $\overline{S}_{оР}$, средняя для волны селевого паводка, определяется при $P=1\%$ по табл. 6.

Таблица 12

Значения коэффициента селевого паводка C_P

Вероятность ежегодного превышения селевого паводка P%	Продолжительность бассейнового времени добегания τ ч					
	0,1	0,5	1	2	3	5
0,01	0,318	1,70	3,28	6,55	9,47	16,3
0,10	0,382	2,02	4,10	7,94	12,0	19,8
0,33	0,426	2,34	4,50	9,12	13,6	22,7
1,0	0,510	2,55	5,12	10,3	15,5	26,1
2	0,552	2,98	5,74	11,5	17,0	29,2
5	0,616	3,40	6,55	12,9	19,4	33,3
10	0,700	3,62	7,38	14,7	22,2	37,8

Вероятность ежегодного превышения селевого паводка P%	Продолжительность бассейнового времени добегания τ ч						
	6	8	10	15	20	25	30
0,01	19,9	25,8	33,8	49,4	66,0	85,0	104
0,10	24,5	33,3	42,1	63,6	86,5	111	131
0,33	28,3	37,0	47,6	70,5	95,5	124	151
1,0	31,6	42,4	53,6	81,7	111	141	171
2	35,9	48,0	62,1	91,8	127	153	185
5	41,6	55,5	71,4	111	144	176	218
10	47,2	63,0	80,5	124	165	204	252

3.8. Удельный снос (в мм) твердых материалов (в рыхлом теле) с площади селевого водосбора определяется по формуле

$$\eta = \frac{W_{\tau P}(1 + \varepsilon_e)}{1000F}. \qquad (26)$$

Средний коэффициент пористости смытых почво-грунтов (ε_e) не должен превышать предельного его значения [формула (13)].

3.9. Объем (в м^3) селевых отложений (в рыхлом теле) на участке расчетного створа, соответствующий расчетному селевому расходу, вероятностью ежегодного превышения P% должен определяться по формуле

$$W_{\text{рых}P} = W_{\tau P}(1 + \varepsilon_{\text{отл}}) \frac{I_y^{2/3}}{5 + I_y^{2/3}}, \qquad (27)$$

$\varepsilon_{\text{отл}}$ — коэффициент пористости свежих селевых отложений, определяется по табл. 8.

При оценке объема селевых отложений по зависимости (27) учитывается, что часть твердого материала, вынесенного селевым паводком, перемещается за пределы участка расчетного створа.

4. РУСЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ

4.1. Условная ширина (в м) селевого потока по верху при расчетном расходе $Q_{сР}$ определяется по формуле

$$B_у = \frac{7{,}1 Q_{сР}^{0{,}40} W_{отР}^{0{,}067}}{I_у^{0{,}23}}. \qquad (28)$$

Если фактическая ширина горной долины (ущелья) $B < B_у$ (узкая долина), принимают, что селевой поток заполняет все ущелье. В широких долинах, ширина которых превышает $B_у$, принимают, что селевой поток не разливается по всей долине, а блуждает по ней, имея ширину устойчивого русла $B_у$.

4.2. Средняя скорость течения (в м/с) селевого потока для беспойменных русел с объемной концентрацией твердой фазы $S_п \leqslant 0{,}95 S_{пт}$ при известной средней глубине живого сечения в основном русле ($h_{ср}$) определяется по формуле

$$v_{ср} = 1{,}14 \sqrt{h_{ср}} \sqrt[3]{I_у W_{отР}}. \qquad (29)$$

Если расчетный створ расположен в зоне резкого сужения долины или в зоне увеличивающегося вниз по течению продольного уклона, или в зоне возрастающих русловых сопротивлений, средняя скорость течения селевого потока определяется по формуле (в м/с)

$$v_{ср} = 3{,}14 \sqrt{\frac{h_{ср}}{a_c}}, \qquad (30)$$

где a_c — корректив скорости, определяется в зависимости от коэффициента Шези C по табл. 13.

Таблица 13

Коэффициент Шези C	5	10	15	20
Корректив скорости a_c	1,90	1,63	1,51	1,43

При наличии в твердой фазе селевых потоков более 7—10% тонкоглинистых фракций ($d < 0{,}002$ мм) и при объемных концентрациях твердой фазы, превышающих $0{,}85 S_{пт}$, следует учитывать возможность возникновения ламинарного течения на участках торможения потока. В этом случае скорость потока (в м/с) определяется по формуле

$$v_{ср} = 0{,}031 h_{ср}^2 I_у. \qquad (31)$$

При этом величина скорости, определенная по формуле (31), должна быть не больше $2{,}78\sqrt{h_{ср}}$.

При расположении створа на криволинейном участке скорость (в м/с) должна определяться по формуле

$$v_{ср} = K_v \Delta h_R^{0,56} \frac{1}{(h_{ср} I_y)^{1/10}}, \qquad (32)$$

где K_v — коэффициент, зависящий от отношения среднего радиуса поворота русла (R_0) к ширине потока (B), принимается равным 3,27 при $R_0/B=2$; 4,15 при $R_0/B=3$; 4,85 при $R_0/B=4$; Δh_R — величина превышения уровня потока на вогнутом берегу над уровнем у выпуклого берега.

4.3. При отсутствии сведений о средней глубине живого сечения селевого потока средняя скорость потока (в м/с) и средняя его глубина (в м) определяется в зависимости от характера движения селевого потока:

а) для условий равномерного движения

$$v_{ср} = 0{,}56 Q_{cP}^{1/5} I_y^{3/10} W_{отР}^{1/5}, \qquad (33)$$

$$h_{ср} = \frac{0{,}245 Q_{cP}^{2/5}}{I_y^{1/10} W_{отР}^{1/10}}; \qquad (34)$$

б) для ламинарного режима

$$v_{ср} = 0{,}10 \left(\frac{Q_{cP}}{B_y}\right)^{2/3} I_y^{1/3}, \qquad (35)$$

$$h_{ср} = 10 \left(\frac{Q_{cP}}{B_y I_y}\right)^{1/3}; \qquad (36)$$

в) для условий переходного режима

$$v_{ср} = 2{,}14 \left(\frac{Q_{cP}}{\alpha_c B_y}\right)^{1/3}, \qquad (37)$$

$$h_{ср} = 0{,}466 \left(\frac{Q_{cP}}{B_y}\right)^{2/3} \alpha_c^{1/3}. \qquad (38)$$

Для каждого из возможных режимов проверяется условие

$$Q_{cP} = B_y h_{ср} v_{ср}. \qquad (39)$$

4.4. Максимальная глубина селевого потока до размыва принимается равной

$$h_{макс} \approx 1{,}5 h_{ср}. \qquad (40)$$

Максимальная поверхностная скорость равна

$$v_{макс} \approx 1{,}8 v_{ср}. \qquad (41)$$

4.5. К уровню или к средней глубине потока, соответствующих заданному расходу, прибавляется высота волны

$$h_z = 0{,}05\alpha_c v_{ср}^2 \leqslant \frac{h_{ср}}{2}. \qquad (42)$$

На криволинейных участках русла у вогнутого берега дополнительно вводится поправка на перекос уровня, которая определяется по формуле

$$\Delta h_R = 0{,}5\left(\frac{v_{ср}}{K_v}\right)^{1{,}78}(h_{ср}/_y)^{1/n}, \qquad (43)$$

где $K_v = f\left(\frac{R_0}{B}\right)$ [см. формулу (32)], $h_{ср}$ и $v_{ср}$ — средняя глубина (м) и скорость в сечении (м/с) на прямолинейном участке перед поворотом русла, соответствующие расчетному расходу.

4.6. Расчет уровней и скоростей в расчетных створах рек ведется по кривым площади живого сечения, средней скорости и расхода, построенным в функции от отметок ряда произвольно назначаемых уровней, или соответствующих максимальных глубин, отсчитываемых от низшей отметки дна.

4.7. В отдельных случаях на весьма крутых склонах движение селевой массы при сверхплотной упаковке частиц твердой фазы, превышающей предел текучести, может осуществляться в виде скольжения связного грунтового блока при условии, что уклон ложа превышает уклон трения массы по грунту ($\sin\alpha > > 0{,}30$). Скорость скольжения такого блока определяется по формуле

$$v_к = \sqrt{v_0^2 + 2gl(\sin\alpha - f\cos\alpha)}, \qquad (44)$$

где v_0 и $v_к$ — скорости в начале и конце каждого участка пути длиной l с примерно постоянным уклоном ($i = \sin\alpha$), м/с; $f \geqslant \geqslant 0{,}30$ — коэффициент трения, $g = 9{,}81$ м/с^2.

Для решения уравнения (44) весь предполагаемый путь движения блока разбивается на отдельные отрезки. Скорость в начале пути на самом верхнем участке принимается равной нулю.

5. МАКСИМАЛЬНЫЕ РАЗМЫВЫ В ЕСТЕСТВЕННОМ (НЕСТЕСНЕННОМ) РУСЛЕ

5.1. Максимальная глубина потока после размыва определяется по формуле

$$h_р = \frac{1{,}22q_0^{0{,}80}}{d_{ср}^{0{,}20}} f', \qquad (45)$$

где q_0 — удельный максимальный расход в м^2/с, вычисляется по формуле

$$q_0 = 1{,}85 h_{ср} v_{ср}, \qquad (46)$$

где $h_{ср}$ — средняя глубина потока до размыва, м; $v_{ср}$ — средняя скорость течения до размыва, м/с; $d_{ср}$ — средневзвешенный диаметр русловых отложений в окрестностях рассматриваемой вертикали, мм; f' — поправочный коэффициент, учитывающий влияние твердого компонента в потоке на величину неразмывающей скорости, принимается в зависимости от $S_0^п$ по табл. 14;

Таблица 14

Полная объемная концентрация $S_0^п$	0,50	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67
Поправочный коэффициент f'	1,00	0,97	0,96	0,93	0,89	0,81	0,74	0,59	0,42

$S_0^п$ — полная объемная концентрация твердых материалов (в плотном теле) в потоке, определяется по формуле

$$S_0^п = S_0 \frac{h_б'}{h_р} + \frac{\Delta h_р}{(1+\varepsilon) h_р} \leqslant 0{,}67, \qquad (47)$$

где $h_б$ — глубина потока на вертикали до размыва; $\Delta h_р$ — глубина размыва, м

$$\Delta h_р = h_р - h_б; \qquad (48)$$

ε — коэффициент пористости грунтов размытого ложа реки, определяется по данным наблюдений.

Формула (47) решается способом последовательных приближений. Для 1-го приближения принимают $S_0^п = S_0$.

5.2. Средняя глубина потока после размыва ($\overline{h_р}$) определяется по формуле (45) при следующих условиях:

а) $$q_0 = \sqrt{\alpha_c} h_{ср} v_{ср}; \qquad (49)$$

б) средневзвешенный диаметр русловых отложений ($d_{ср}$) определяется для всего сечения русла;

в) глубина потока до размыва ($h_б$) принимается средней для всего сечения до размыва ($h_{ср}$).

6. СРЕДНЕГОДОВОЙ ТВЕРДЫЙ СТОК С СЕЛЕВЫХ БАССЕЙНОВ

6.1. Среднегодовой объем твердых материалов ($\overline{W_{т т}}$), выносимых с поверхности селевого бассейна за многолетний период, может быть определен одним из двух методов:

а) по натурным топографическим съемкам;

б) по гидролого-статистическому методу.

6.2. Определение полного среднегодового твердого стока по натурным топографическим съемкам производится путем сопоставления планов конуса выноса в горизонталях, снятых в различные годы и приведенные к одной и той же системе высотных отметок.

При отсутствии планов используются снятые в различное время в одних и тех же створах поперечные профили на изучаемом участке реки.

Объем отложений между смежными поперечниками определяют по формуле объема усеченной призмы.

Для пересчета вычисленного объема отложений в «рыхлом теле» в «беспустотный» объем следует вводить коэффициенты пористости, приведенные в табл. 8, сниженные на 30—40%.

Кроме того, необходимо учесть объем взвешенных наносов, который выносится вместе с паводковыми водами за пределы конуса выноса.

В случае, если в течение рассматриваемого периода времени наблюдался выдающийся селевой паводок с вероятностью превышения $P \approx \frac{100}{N} \leqslant 3\%$, норма среднегодового твердого стока (в м^3) должна быть откорректирована с учетом этого паводка

$$\overline{W}_{т\,г} = \frac{1}{N}\left(W_N + \frac{N-1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} W_{т\,i} \right), \qquad (50)$$

где n — число лет наблюдений; N — число лет, за которое выдающийся паводок является наибольшим; W_N — объем выноса выдающегося селевого паводка; $\sum_{i=1}^{n-1} W_{т\,i}$ — объем отложений за период наблюдений n лет за вычетом объема выноса выдающегося селевого паводка.

6.3. Расчет объема среднегодового твердого стока с селевого бассейна (в м^3) при отсутствии топографических съемок конусов выноса производится по формуле

$$\overline{W}_{т\,г} = K_т W_{т\,2\%}, \qquad (51)$$

где $W_{т\,2\%}$ — объем твердого стока в плотном теле селевого потока вероятностью превышения $P=2\%$, определенный в соответствии с указаниями п. 3.5, м^3; $K_т$ — коэффициент перехода от обеспеченности $P=2\%$ единичного паводка к средней величине за год, определяется в зависимости от среднего числа паводков в году (табл. 15).

Таблица 15

Среднее число паводков в году . .	1	3	5
Коэффициент $K_т$	0,16	0,19	0,20

6.4. Для неизученных районов допускается определять величину среднегодового твердого стока в плотном теле с 1 км^2 площади водосбора по данным табл. 16.

Таблица 16

Бассейны	Средний годовой твердый сток с 1 км^2 площади водосбора, тыс. м^3
Весьма сильно эродированные с катастрофической селевой деятельностью	до 3,8
Сильно эродированные с интенсивной селевой деятельностью	1,8—2,0
Среднеэродированные	0,9—1,2

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

Пример 1. Требуется определить по полевым данным, полученным при обследовании высокого исторического уровня (ВИУ), максимальный расход р. Малой Алмаатинки в створе выше устья р. Сарысай.

Исходные данные: 1) средний уклон русла на участке при ВИУ $I_у = 140‰$; 2) ширина потока при ВИУ $B = 40{,}0$ м; 3) средняя глубина при ВИУ $h_{ср} = 8{,}50$ м; 4) объемный вес селевой массы $\gamma_с = 2{,}00$ т/м³.

Расчет. Максимальный расход селевого паводка, соответствующий высокому историческому уровню ($Q_с$), равен

$$Q_с = \omega v_{ср} = 340 \cdot 8{,}94 = 3000 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Площадь водного сечения

$$\omega = Bh_{ср} = 40{,}0 \cdot 8{,}50 = 340 \text{ м}^2.$$

Средняя скорость течения при равномерном режиме определяется по формуле (29)

$$v_{ср} = 1{,}14 \sqrt{h_{ср}} \sqrt[3]{I_у W_{отр}} = 1{,}14 \sqrt{8{,}50} \sqrt[3]{140 \cdot 0{,}14} = 8{,}94 \text{ м/с}.$$

Коэффициент текучести селевой массы ($W_{отр}$), соответствующий установленному объемному весу селевой массы ($\gamma_с$), определяется по формуле (11)

$$W_{отр} = 1 - \frac{S_о}{S_{пт}} = 1 - \frac{0{,}606}{0{,}705} = 0{,}14,$$

где $S_о$ определяется по формуле (2)

$$S_о = \frac{\gamma_с - 1}{\gamma_т - 1} = \frac{2{,}00 - 1}{2{,}65 - 1} = 0{,}606.$$

Объемный вес твердого компонента селевой массы принимаем равным $\gamma_т = 2{,}65$ т/м³. Предел текучести для рыхлообломочных грунтов ($S_{пт}$) принимаем равным $S_{пт} = 0{,}705$.

Пример 2. Требуется определить максимальные расходы селевого стока дождевого происхождения вероятностью превышения $P = 1$ и 2% и соответствующие им объемы селевого стока и выносов для селевой р. Кубасанты (северный склон Центрального Кавказа) в створе у вершины конуса выноса.

Исходные данные: 1) площадь водосбора $F=11{,}8$ км^2; 2) длина реки от водораздела до створа $L=6{,}0$ км; 3) средний уклон $I=370‰$; 4) водосбор расположен во II гидрологическом районе; 5) максимальный суточный слой осадков (по карте приложения 8 СН435-72) $H_{1\%}=160$ мм.

Расчет. 1. Максимальный расход селевого паводка вероятностью превышения $P\%$ определяется по формуле (16)

$$Q_{cP}=q_{1\%}m_a\lambda'_P F\left(\frac{1}{W_{отP}}\right)^{1{,}08};$$

т. е.

$$Q_{c\,1\%}=11{,}3\cdot 0{,}75\cdot 11{,}8\left(\frac{1}{0{,}10}\right)^{1{,}08}=1190\ \text{м}^3/\text{с}.$$

$$Q_{c\,2\%}=11{,}3\cdot 0{,}75\cdot 0{,}71\cdot 11{,}8\left(\frac{1}{0{,}14}\right)^{1{,}08}=610\ \text{м}^3/\text{с}.$$

Максимальный модуль стока вероятностью превышения $P=1\%$ определяется по табл. 9 в зависимости от времени добегания τ, которое вычисляется по формуле (17)

$$\tau=\frac{L}{2{,}45\sqrt[4]{I}}=\frac{6{,}0}{2{,}45\sqrt[4]{370}}=0{,}56\ \text{ч},$$

$$q_{1\%}=f(\tau)=11{,}3\ \text{м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2).$$

Корректирующий коэффициент (m_a) для II гидрологического района равен

$$m_a=\frac{H_{1\%}}{250}=\frac{160}{250}=0{,}64<0{,}75.$$

В соответствии с примечанием к табл. 10 принимаем $m_a=0{,}75$.

Переходный коэффициент (λ'_P) при вероятности превышения максимального расхода $P=1\%$ равен $\lambda'_P=1$; при $P=2\%$ — $\lambda'_P=0{,}71$ (табл. 11).

2. Коэффициент текучести селевой массы для пиковой фазы селевого потока ($W_{отP}$) вычисляем по формуле (11)

$$W_{отP}=1-\frac{S_{oP}}{S_{пт}}.$$

Объемная концентрация селевой массы (S_{oP}) зависит от коэффициента селеактивности бассейна (μ) и среднего уклона тальвега I [ф-ла (3), табл. 5].

Вследствие отсутствия данных полевых обследований, коэффициент селеактивности (μ) определяется по формуле (7)

$$\mu=0{,}063I^{0{,}40}=0{,}063\cdot 370^{0{,}40}=0{,}67,$$

$$S_{o\,1\%}=f(\mu,\ I)=0{,}63\ \text{(табл. 5)},$$

$$S_{o\,2\%}=S_{o\,1\%}\lambda_S=0{,}63\cdot 0{,}96=0{,}61,$$

где λ_S определен по табл. 4.

Принимаем $S_{пт}=0{,}705$, вычисляем

$$W_{от\,1\%}=1-\frac{0{,}63}{0{,}705}=0{,}10,$$

$$W_{от\,2\%}=1-\frac{0{,}61}{0{,}705}=0{,}14.$$

3. Максимальный объем селевого паводка вероятностью превышения $P\%$ определяется по формуле (22)

$$W_{cP} = W_{вP}\psi_W,$$

$$W_{вP} = q_{1\%}\, m_a \lambda'_P\, FC_P \cdot 10^3,$$

т. е.

$$W_{c\,1\%} = 11{,}3 \cdot 0{,}75 \cdot 11{,}8 \cdot 3{,}32 \cdot 6{,}62 \cdot 10^3 = 22 \cdot 10^5 \text{ м}^3,$$

$$W_{c\,2\%} = 11{,}3 \cdot 0{,}75 \cdot 11{,}8 \cdot 0{,}71 \cdot 2{,}82 \cdot 5{,}32 \cdot 10^3 = 10{,}7 \cdot 10^5 \text{ м}^3.$$

Коэффициент формы гидрографа (C_P) определяется в зависимости от времени добегания (τ) и вероятности превышения максимального расхода ($P\%$) по табл. 12: при $\tau=0{,}56$ ч и $P=1\%$ $C_P=3{,}32$, при $\tau=0{,}56$ ч и $P=2\%$ $C_P=2{,}82$.

Коэффициент селеносности ψ_W определяем по формуле (24)

$$\psi_W = \frac{1}{\overline{W}_{от}}.$$

При $P=1\%$ $\psi_W = \dfrac{1}{1-\dfrac{0{,}597}{0{,}705}} = 6{,}62$, где $\overline{S}_0=0{,}597$, при $P=2\%$ $\psi_W =$

$= \dfrac{1}{1-\dfrac{0{,}574}{0{,}705}} = 5{,}32$, где $\overline{S}_0=0{,}574$.

Значения $\overline{S}_0$ определены по табл. 6 при вычисленных ранее S_0.

4. Объем выноса твердых материалов за расчетный сель вычисляется по формуле (25)

$$W_{тP} = \overline{S}_{0P} W_{cP},$$

т. е.

$$W_{т\,1\%} = 0{,}60 \cdot 22{,}0 \cdot 10^5 = 13{,}2 \cdot 10^5 \text{ м}^3,$$

$$W_{т\,2\%} = 0{,}57 \cdot 10{,}7 \cdot 10^5 = 6{,}1 \cdot 10^5 \text{ м}^3.$$

Пример 3. Требуется вычислить возможный средний по сечению размыв русла р. Малой Алмаатинки в створе у устья р. Сарысай.

Исходные данные: 1) средняя глубина в створе до размыва $h_{ср}=8{,}5$ м; 2) средняя скорость в створе $v_{ср}=8{,}94$ м/с; 3) максимальная глубина (сечение, близкое к параболическому) $h_{макс}=13{,}5$ м; 4) продольный уклон русла $I_y=140‰$; 5) средневзвешенный диаметр русловых отложений по данным натурного валового гранулометрического анализа $d_{ср}=65$ мм; 6) коэффициент пористости донных отложений $\varepsilon=0{,}50$; 7) объемная концентрация на пике паводка $S_0=0{,}60$; 8) вероятность превышения максимального расхода селя принимается $P=1\%$.

Расчет. Возможный средний размыв по сечению вычисляем по формуле (45)

$$\overline{h}_p = \frac{1{,}22 q_0^{0{,}80}}{d_{ср}^{0{,}20}}\, f' = \frac{1{,}22 \cdot 97{,}3^{0{,}80}}{65^{0{,}20}}\, 0{,}81 = 16{,}7 \text{ м}.$$

Удельный расход для средней глубины равен:

$$q_0 = \sqrt{\alpha_c}\, h_{ср} v_{ср} = \sqrt{1{,}63} \cdot 8{,}50 \cdot 8{,}94 = 97{,}3 \text{ м}^2/\text{с}.$$

При коэффициенте Шези $C=10$ (табл. 13) $\alpha \approx 1{,}63$.

Определим величину размыва при $S_0^{\text{п}}=S_0=0{,}60$ (первое приближение)

$$\overline{h}_{\text{р}}=\frac{1{,}22\cdot 97{,}3^{0{,}80}}{65^{0{,}20}}\,0{,}97=20{,}6\cdot 0{,}97=20{,}0\ \text{м}.$$

Значение $f'=0{,}97$ определено по табл. 14.

По формуле (47) вычисляем объемную концентрацию $S_0^{\text{п}}$ при $h_{\text{р}}=20$ м и $\varepsilon=0{,}50$

$$S_0^{\text{п}}=S_0\frac{h_{\text{ср}}}{\overline{h}_{\text{р}}}+\frac{\Delta h_{\text{р}}}{(1+\varepsilon)\,\overline{h}_{\text{р}}}=$$

$$=0{,}60\frac{8{,}5}{20}+\frac{11{,}5}{(1+0{,}50)\cdot 20}=0{,}255+0{,}383=0{,}638,$$

при этом

$$\Delta h_{\text{р}}=20-8{,}5=11{,}5\ \text{м},\ f'\left(S_0^{\text{п}}\right)=0{,}81.$$

Рассчитаем размыв при $S_0^{\text{п}}=0{,}64$, $f'(S_0^{\text{п}})=0{,}81$ (второе приближение)

$$\overline{h}_{\text{р}}=20{,}6\cdot 0{,}81=16{,}7\ \text{м}.$$

Вычислим объемную концентрацию при $\overline{h}_{\text{р}}=16{,}7$ м

$$S_0^{\text{п}}=0{,}60\frac{8{,}5}{16{,}7}+\frac{8{,}2}{1{,}5\cdot 16{,}7}=0{,}305+0{,}327=0{,}63.$$

Вследствие близости принятого значения $S_0^{\text{п}}=0{,}64$ и вычисленного $S_0^{\text{п}}=0{,}63$ при втором приближении за расчетную среднюю глубину после размыва принимаем $\overline{h}_{\text{р}}=16{,}7$ м.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

F — площадь водосбора до расчетного створа, км²
L — длина водотока, км
I — средневзвешенный уклон водотока, ‰
$I_у$ — средний уклон водотока в пределах расчетного участка, ‰
$\gamma_с$ — объемный вес селевой массы, т/м³
$\gamma_т$ — объемный вес твердого компонента в плотном теле селевой массы, т/м³
ρ — мутность воды, т/м³
$S_о$ — объемная концентрация твердых материалов в селевой массе
$W_т$ — объем твердых материалов в плотном теле (без пустот), м³
$W_в$ — объем воды, м³
$S_{оР}$ — расчетная объемная концентрация твердых материалов в селевой массе для пиковой фазы селевого потока, вероятность превышения P%
$\overline{S}_{оР}$ — расчетная объемная концентрация, осредненная за весь паводок, вероятностью превышения P%
$S_{пт}$ — предельная объемная концентрация твердых материалов в селевой массе, при которой она теряет свойства текучести
μ — коэффициент селеактивности бассейна
z_l — удельный коэффициент селеактивности
S_W — объемная концентрация тонкоглинистой фазы селевой массы на пределе текучести
$K_о$ — относительное содержание в твердом компоненте тонкоглинистых фракций диаметром менее 0,002 мм
LL — предел текучести, по Аттербергу, для тонкоглинистых фракций
$W_{отР}$ — коэффициент текучести селевой массы для пиковой фазы селевого потока
$\overline{W}_{отР}$ — коэффициент текучести селевой массы для всего селевого потока
c_e — коэффициент пористости почво-грунтов, вовлекаемых с поверхности водосбора в поток
$\gamma_{отл}$ — объемный вес свежих селевых отложений на конусе выноса, т/м³
$Q_{сР}$ — максимальный расход селевого паводка вероятностью превышения P%, м³/с
$q_{1\%}$ — максимальный модуль дождевого стока вероятностью превышения $P=1$%, м³/с·км²
τ — бассейновое время добегания, ч
$Q_{вР}$ — жидкая составляющая максимального расхода селевого паводка, м³/с

$W_{сР}$ — объем селевого паводка, м³

$W_{тР}$ — объем твердых материалов в селевом паводке, м³

η — удельный сброс твердых материалов (в рыхлом теле), мм

$\varepsilon_{отл}$ — коэффициент пористости свежих рыхлых селевых отложений

$W_{от.Р}$ — объем селевых отложений (в рыхлом теле) на участке расчетного створа, м³

ε — коэффициент пористости грунтов размытого ложа реки

S_0^n — полная объемная концентрация твердых материалов после размыва

d — диаметр частиц донных отложений

B — ширина селевого потока

$B_у$ — условная ширина селевого потока, м

n — коэффициент шероховатости русла

R — гидравлический радиус, м

R_0 — средний радиус поворота русла, м

$v_{ср}$ — средняя скорость течения селевого потока, м/с

$\alpha_с$ — коррективы скорости

q_0 — удельный расход, м²/с

$h_{ср}$ — средняя глубина потока, м

$h_б$ — глубина потока на вертикали до размыва

$\bar{h}_р$ — средняя глубина в сечении после размыва, м

$h_р$ — максимальная глубина в сечении после размыва, м

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 3
2. Исходные данные 4
3. Максимальные расходы и объемы селевого стока 12
4. Русловые характеристики селевых потоков 17
5. Максимальные размывы в естественном (нестесненном) русле 19
6. Среднегодовой твердый сток с селевых бассейнов 20
Приложение 1. Примеры расчета 23
Приложение 2. Основные условные обозначения 27

Инструкция по определению расчетных характеристик дождевых селей

Редактор З. М. Кожина
Техн. редактор Л. М. Шишкова
Корректор А. В. Хюркес

Сдано в набор 10/VIII 1976 г. Подписано к печати 22/X 1976 г. М-19849. Формат 60×90¹/₁₆. бумага тип. № 1. Печ. л. 2,0. Уч.-изд. л. 1,75. Тираж 2000 экз. Индекс ГЛ-132. Заказ № 297. Цена 9 коп.

Гидрометеоиздат. 199053. Ленинград. 2-я линия, д. 23.

Ленинградская типография № 8 Союзполиграфпрома при Государственном комитете министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 190000, Ленинград, Прачечный пер., 6.

gost.e-ecolog.ru