

УДК 627.141.1

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ИНЖЕНЕРНОЙ СЕЛЕЗАЩИТЫ НА МАЛОИЗУЧЕННЫХ ВОДНЫХ ТРАКТАХ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА Р. БАДДОН, РСО-АЛАНИЯ)

© 2012 Э.В. Запорожченко, к.г.-м.н., Н.С. Каменев, А.С. Никулин

ОАО «Севкавгипроводхоз», Россия, 357500, г.Пятигорск, пр. Кирова, 78,
e-mail: skgvh@skgvh.ru

При форс-мажорных обстоятельствах в системе работы напорных трубопроводов и станции Зарамагской ГЭС-1 потребуется в аварийном режиме сбросить воду из бассейна суточного регулирования в правый приток р. Ардон – р. Баддон расходом $65 \text{ м}^3/\text{с}$. В устье р. Баддон и по тракту транспорта этого расхода расположены объекты и инфраструктура пос. Мизур, испытавшие катастрофические воздействия наносоводных (в замыкающем створе) селей 1967 и 1996 гг., количественные параметры которых остались неизвестными. Река Баддон гидрологически не изучена. Аварийный сброс, превышающий критический ($\sim 30 \text{ м}^3/\text{с}$), вызовет наносоводный сель с расходом в $\sim 85 \text{ м}^3/\text{с}$, что меньше, чем возможные селевые потоки 0,5-1% обеспеченности, доходящие до устья. Составленный проект инженерной защиты, исходящий из параметров селя, возникающего по сложившейся к 2012 г. природной обстановке ($Q_c = 140 \text{ м}^3/\text{с}$; $\rho = 1380 \text{ кг}/\text{м}^3$) на участке долины р. Баддон выше и ниже точки сброса (протяжённостью 10 км). Защитные сооружения: селевой лоток, берегозащитные стены (у технического водозабора) и галерея на участке образования водного сбросного «факела» (над полотном автодороги).

Ключевые слова: селевые очаги взаимодействия, грязекаменный и наносоводный сели, обеспеченность, расчётные параметры селевого потока.

Введение

Река Баддон – правый приток р. Ардон – берёт начало в предполье ледников северного подножья горы Цмиакомхох (4117 абс. м) Главного Кавказского Хребта. В устье Баддона расположен пос. Мизур: слева от русла – средняя школа, справа – детский сад и жилые постройки.

В 1967 [Природные и техногенные ..., 2005] и 1996 гг. эти объекты с прилегающими (приусадебными) территориями были вовлечены в зону воздействия разрушительных селевых потоков. Параметры потока 1967 г. фиксировались «на глаз». В каталоге 2007 г. [Буньков, 2007] «максимально возможный объём выноса» оценён в 87 тыс. м^3 , в каталоге 2010 [Перов, 2010] – 50 тыс. м^3 . В [Буньков, 2007] сель 1996 г. не упоминается, в [Перов, 2010], со ссылкой «Герасимов, 1978», ошибочно приведён как прошедший в 1986 г. Между тем, по опросным сведениям, именно сель 1996 г. принёс наибольшие разрушения в устье. По [Буньков, 2007] сель 1967 г. охарактеризован как «водокаменный», зародившийся в 4,5 км от устья, он же по [Перов, 2010] – как «дождевого, ледникового, дождевого + ледникового генезиса» с повторяемостью один раз в 8-16 лет и протяжённостью тракта прохождения по руслу в 12,5 км (против 4,5 км в [Буньков, 2007] и [Природные и техногенные ..., 2005]).

Кроме построек и инфраструктуры пос. Мизур в пределах досягаемости селевых потоков и паводков располагаются: водозабор технической воды для обогатительной фабрики, водовод питьевой воды для пос. Мизур, дорога пос. Мизур – с. Бад (3 км). При этом реальная пропускная способность подмостовых сечений на дороге при пересечении русла р. Баддон не превышает 10-15 $\text{м}^3/\text{с}$.

Вопрос о необходимости пропуска катастрофического сброса воды из находящегося на 2012 г. в строительстве бассейна суточного регулирования (БСР) в объёме 65 м³/с, с поступлением такого расхода в русло р. Баддон в ~ 2 км от устья (при возникновении аварийной ситуации в системе напорных тоннелей и станции «Зарамаг ГЭС-1», не предсказуемой ни по причине, ни по времени) был поднят в ноябре 2011 г. Требовалось срочно, до конца 2011 г., оценить: селеопасность р. Баддон в условиях возникновения и развития процессов, обусловленных природной обстановкой, возможность формирования «рукотворного» селя, установить параметры таких потоков нормативной обеспеченности, запроектировать меры по защите объектов в зоне «досягаемости» природных и (или) природно-антропогенных селей, провести общественные слушания, пройти государственную экспертизу Проекта.

Уже после составления проектной документации, в конце 2012 г., удалось выполнить специализированное обследование верховий р. Баддон для выявления современной ситуации и возможности возникновения новых селевых очагов в истоках реки, а также уточнить характер поведения приемника и транспортировщика селевых масс р. Баддон – р. Ардон при совпадении водного и селевого паводков в узле сопряжения р. Ардон – р. Баддон.

ФАКТОЛОГИЯ ПРОБЛЕМЫ

Длина р. Баддон ~ 12,5 км, площадь водосбора – 42 км², средняя абсолютная высота водосбора – 2540 м, залесённость ~ 10%. площадь ледников ~ 9%. Ардон – река водо- (и селе) приемник. До впадения в неё справа р. Баддон имеет площадь водосбора ~ 730 км², длину ~ 44 км. Баддон – водоток гидрологически не изученный. Соответствующий пост непродолжительное время существовал в 1927 г. в с. Бад (рис. 1), замыкая площадь водосбора в 36,1 км². Источник питания – воды от таяния ледников и снежников, сезонные осадки, грунтовый сток. Зимняя межень продолжительная и устойчивая, её водность не превышает 10-15% общего годового стока, рассчитанного по [Природные и техногенные ..., 2005] для рек, имеющих ледниковое питание (таблица 1).

Таблица 1.

Параметры годового стока р. Баддон

F, км ²	H _{ср} , м	M ₀ , л/с км ²	Q ₀ , м ³ /с	C _v	C _s	Расходы воды (м ³ /с) с обеспеченностью (P%)			
						50	75	90	95
42	2540	30	1,26	0,2	0,5	1,24	1,08	0,95	0,88

На условия формирования максимального стока р. Баддон большое влияние оказывает ситуация в верховьях, в предпольях ледников. Максимальные расходы формируются в летний период при наложении дождевых паводков на половодную волну стока от таяния снегов и ледников в высокогорье. Расчётными для реки приняты максимальные расходы дождевых (ливневых) паводков. Определённые по формуле предельной интенсивности стока они составили (Таблица 2):

Обследованием установлено, что по руслу р. Баддон до ~ 2 км от устья исторические **гряжекаменные** селевые потоки не проходили. Для морфологии речной долины этого участка характерно чередование локальных расширений (рис. 2), каньо-

Таблица 2.

**Расчётные (по [СП 33-101-2003]) параметры
максимального ливневого стока***

Обеспеченность	P, %	0,5	1	2	3	5	10
Расход воды	Q, м ³ /с	109	97,0	85,4	76,6	72,8	58,2
Объём стока	W, млн. м ³	1,98	1,76	1,55	1,39	1,32	1,06

* Суточный максимум осадков 1% обеспеченности с учётом данных [Запорожченко и др., 2011; Запорожченко, Каменев, 2011; Перов, 2010] принят равным 140 мм.

нообразных сечений, перепадов, порогов. Русло местами сужается до 3-4 м, уклоны изменяются от 4 до 6 градусов (рис. 3). На всём этом протяжении фиксируются следы неоднократных **наносоводных** селей. При этом источник твёрдой составляющей накапливается в межселевой период в русле за счёт процессов осыпания и оползания, преимущественно с правых бортов и склонов реки и влекомого стока с вышерасположенных участков, в т. ч. продукта распавшихся в Бадской котловине (расширении) грязекаменных потоков.

Продольный профиль р. Баддон иллюстрируется рис. 4, гидравлическая кривая $Q=f(H)$ р. Ардон в 30 м ниже впадения р. Баддон – рис. 5.

По меткам уровней, оставленных наивысшей волной 1996 г., определены расходы потока в двух створах – в устье и в ~ 1,8 км от устья (рис. 6 и таблица 3). Они составили соответственно 135,4 и 94,2 м³/с.

В ~ 10 км выше устья р. Баддон в русло последней, слева, на абс. отметках ~ 2000 м (устье ~ 1000 абс. м) впадают 3 притока (рис. 7-10) с выраженными селевыми врезами, обязанными прохождению грязекаменных потоков и представляющими собой очаги взаимодействия (далее «Очаги») с достаточным для формирования высокоплотного потока запасам рыхлого материала (ПСМ). При этом «работа» этих селевых Очагов, судя по древесной и иной растительности, происходила: от одного раза в несколько – до одного раза в 30-40 лет (Очаг 1).

Характеристика Очагов и оценка типов развивающихся на дождевом фоне процессов приводится в таблице 4 и на рис. 7.

Таблица 3.

Расчетные характеристики к створам поперечных профилей.

Гидравлические характеристики селевого потока						
№ п.п.	ω , м ²	B, м	h, м	i	V, м/с	Q, м ³ /с
1	35,7	23,7	1,32	0,087		
2	36,8	29,2				
3	38,9	28,2				
среднее	37,9	28,7				
Наносоводный		$V=4,5h^{0,67}i^{0,17}$			3,58	135,4
6	26,0	15,4	1,34	0,11		
7	23,2	21,8				
среднее	25,0	18,6				
Наносоводный		$V=4,5h^{0,67}i^{0,17}$			3,77	94,2

Таблица 4.

Характеристики селевых Очагов

№№ очагов	Отметки очага, абс. м		Длина, м	Уклон	Типы селевых процессов по [Виноградов, 1980]
	Верх	Низ			
1	2450	2000	800	0,50	Транспортно-сдвиговый
2	2500	1950	800	0,75	Сдвиговый, транспортно-сдвиговый
3	2190	2010	300	0,60	Сдвиговый, транспортно-сдвиговый

Морфометрия очагов и русел транзита, мощность и состав селевых отложений у устьев указывают на прохождение по притокам селевых потоков высокой плотности (грязекаменных). Ориентировочные значения максимальных расходов по следам селей (уровням высоких вод – УВВс) на выходе из очагов взаимодействия (средние по трём инструментально зафиксированным поперечным сечениям в каждом замыкающем створе) представлены в таблице 5.

Таблица 5.

**Гидравлические характеристики максимальных селевых потоков
в устьях левобережных притоков р. Баддон**

№ очага взаимодействия	№ п.п.	ω , м ²	B, м	h, м	i	V, м/с	Q, м ³ /с
1	1	18,0	10,0				
	2	21,9	10,0				
	3	16,5	10,0				
	Среднее	18,8	10,0				
2	1	26,3	12,0				
	2	21,5	10,0				
	3	19,5	10,0				
	Среднее	22,4	10,7				
3	1	7,0	5,0				
	2	10,0	6,0				
	3	7,0	5,0				
	Среднее	8,0	5,3				
Тип потока	Грязекаменный		$V=3,75 h_{cp}^{0,5} i^{0,17}$				

Гранулометрический состав селевого материала, поступающего в русло р. Баддон (средние значения по валовым пробам в устьях Очагов 1 и 2), приводится на рис. 11.

Селевой материал, выносимый из Очагов 1-3, откладывается при впадении в р. Баддон и транспортируется по руслу ниже, но не далее 1-1,3 км от устьевых частей притоков (рис. 12).

Следов поступления селевого материала из верховий р. Баддон выше скального сужения «Бадских ворот» (рис. 13) верховий р. Баддон к створам у устья Очага 3 не фиксируется: потенциальные возможности прорывных и иных селевых сцена-

риев в приледниковой зоне по особенностям морфологии, рассредоточения путей движения водной составляющей и уклонам трактов переноса селевых масс, пока отсутствуют, что отличает рассматриваемый объект от других объектов (горных долин) селевых рисков Центральной части Северного Кавказа, возникающих в условиях деградации оледенения последних десятилетий [Запорожченко, Каменев, 2010; Запорожченко, Каменев, Никулин, 2011; СП 33-101-2003].

Анализ ситуации с приледниковым озером в кармане конечной морены последней генерации (рис. 14) указывает на отсутствие условий быстрого опорожнения последнего по состоянию плотины подпора, сформированному каналу поверхностного стока, уклонам в нижнем бьефе на участке потенциальной волны прорыва и поступления твердого материала с формированием грязекаменного потока (следов такого события за период после малого ледникового периода не обнаружено).

Полученные по меткам УВВ в русле р. Баддон характеристики селевых потоков прошлого сопоставлены с максимальными расчётными по модели транспортно-сдвигового процесса [Виноградов, Осипова, 1980] в предположении, что обводнение очагов происходило за счёт поступления в них ливневых расходов поверхностного стока. При этом на входе в селевые Очаги задавались расчётные максимальные расходы дождевых паводков, определённые по формуле предельной интенсивности стока [СН 518-79].

Результирующие цифры приведены в таблице 6 (ход расчёта и принятые при этом параметры опускаются).

Таблица 6.

Максимальный сток дождевых паводков к селевым Очагам

№№ очагов	Расходы воды (м ³ /с) обеспеченностью Р%				Объём стока (тыс. м ³) обеспеченностью Р%			
	0,5	1	5	10	0,5	1	5	10
1	10,7	9,7	7,3	5,8	77,0	70,0	52,5	42
2	1,85	1,68	1,26	1,0	5,4	4,9	3,7	2,9
3	2,86	2,6	1,95	1,56	6,8	6,2	4,7	3,7

Основная формула: $Q_{1\%} = q'_{1\%} \Phi_{H_{1\%}} A$; общие данные: $m=1/3$; $m_p=7$; $m_{ск}=0,10$; $\psi(\tau) = 0,88$

Рассчитанные по Ю.Б. Виноградову [Виноградов, Осипова, 1980; Виноградов, 1985] результирующие расходы селевых потоков на выходе из селевых Очагов и соответствующие максимальным расходам воды заданной обеспеченности (см. таблицу 6) при параметрах физико-механических свойств, аналогичных изученным по селевым очагам Северного Кавказа [Защита населенных пунктов ..., 1982; Иващенко, Никулин, 2005; Никулин, 2005], приведены в таблице 7 (формулы, ход расчёта, входные данные опускаются).

Сравнивая эти данные с результатами оценки по УВВ (таблица 5) можно отметить: соответствие по цифрам для Очага 1, удовлетворительное соответствие по Очагу 3, и большую разницу по Очагу 2, что может быть объяснено горно-долинной индивидуальностью по величине и интенсивности выпадения ливневых осадков (в расчетах приняты одинаковыми для всех Очагов). Возможность такой ситуации подтверждается катастрофическим селевым событием в Чегемском райо-

Таблица 7.

Максимальные селевые расходы по Очагам

№№ очагов	Обеспеченность, %		
	0,5	1	10
1	119	108	64
2	29,4	26,7	15,9
3	20,8	19,0	11,3

не КБР (июль 2010 г., р. Сылык-Суу [Запорожченко, Каменев, 2011, Zaporozhchenko, 2011]).

Из уравнений трансформации селевых потоков из Очагов при их движении по руслу р. Баддон [Виноградов, 1985] длины участков, на которых расходы селевых потоков 1% обеспеченности уменьшаются до минимальных значений ($\leq 5 \text{ м}^3/\text{с}$), оказываются равными соответственно $L_1=3,0 \text{ км}$; $L_2=1,6 \text{ км}$; $L_3=1,3 \text{ км}$.

По реальным следам распада селевая масса Очагов 1, 2 и 3 по р. Баддон не прослеживается ниже, чем на 1-1,5 км (в котловинообразном расширении 8,5-9,0 км от устья). Далее **грязекаменные потоки** не продвигались (поступление сбросных вод из БСР в р. Баддон при форс-мажорных обстоятельствах будет происходить на $\sim 2 \text{ км}$ от реки-приемника – р. Ардон). В средней и нижней частях долины р. Баддон проходили и будут проходить, по известной на 2013 г. ситуации, **наносоводные** потоки, обусловленные смывом русловой самоотмостки при расходах, превышающих критические с прогнозируемым массовым движением рыхлого аллювиально-пролювиально-делювиально-оползневое материала в режиме низкоплотного селя ($1100-1500 \text{ кг}/\text{м}^3$).

Определяемая по номограмме из [Ресурсы ..., 1973] величина критического расхода воды в р. Баддон выше створа поступления в нее возможного катастрофического сброса составляет $Q_{\text{ср}}=25-28 \text{ м}^3/\text{с}$. Расчётные бытовые расходы превышают эту величину – в русле формируются наносоводные сели, достигающие (по установленным фактам) устья.

Максимальные характеристики естественного наносоводного селевого потока по р. Баддон в створе впадения в р. Ардон определялись по формулам:

$$Q_c^{\text{max}} = \left(1 + \frac{\rho_B}{\rho_T - \rho_B} \cdot \frac{\text{tg} \alpha}{\text{tg} \phi_0 - \text{tg} \alpha} \right) \cdot Q_{\text{max}} \quad (1)$$

$$W_c = \left(1 + \frac{\rho_B}{\rho_T - \rho_B} \cdot \frac{\text{tg} \alpha}{\text{tg} \phi_0 - \text{tg} \alpha} \right) \cdot W_{\text{II}} \quad (2)$$

$$\rho_c = \frac{W_{\text{II}}}{W_c} + \left(1 - \frac{W_{\text{II}}}{W_c} \right) \cdot \rho_T \quad (3)$$

где: Q_c^{max} – максимальный расход наносоводного селевого потока, $\text{м}^3/\text{с}$;

Q_{max} – расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$;

W_{II} – объем паводка, м^3 ;

W_c – объем селя, м^3 ;

ρ_c – плотность селя, $\text{кг}/\text{м}^3$;

ρ_T – плотность вовлекаемых в процесс породных масс, кг/м³;
 ρ_B – плотность воды;
 φ_d – динамический угол внутреннего трения твёрдой составляющей, градусы;

α – угол наклона русла, градусы;

$c_1 \leq 1$ – эмпирический коэффициент, близкий к единице.

Гранулометрический состав отложений в ложе р. Баддон (с параметрами: $\rho_T = 2650$ кг/м³; $\operatorname{tg}\alpha = 0,105$; $\varphi_d = 18^\circ$) на участках устья и ~ 7 км от него иллюстрируется рис. 15.

Итоговые цифры расчётов приводятся в таблице 7.

Таблица 7.

Характеристики естественных наносоводных селевых потоков в устьевой части р. Баддон, соответствующие расчётным расходам водной составляющей заданной обеспеченности

Характеристика	Обеспеченность, %					
	0,5	1	2	3	5	10
Расход селя, м ³ /с	140	125	110	98,8	93,9	89,6
Объём селя, млн. м ³	2,55	2,27	2,0	1,79	1,70	1,37
Плотность, кг/м ³	1380	1380	1380	1380	1380	1380

Сравнивая полученные значения с определёнными по меткам УВВс отметим хорошую сходимость цифр для основной (Р%) и поверочной (0,5%) нормативных обеспеченностей.

Время возникновения непредвиденной аварии на Зарамагской ГЭС-1, требующей сброса ~ 65 м³/с (превышает критический расход по реке при подходе к точке сброса $Q_{cp} \sim 25-28$ м³/с), неопределённо. Кроме того селевой поток естественного происхождения может пройти только в летний период. Возможность совпадения этих двух событий ничтожно мала и в расчёт не принята.

Поступление ~ 65 м³/с в русло р. Баддон вызовет формирование селевого потока с расходом в 84,5 м³/с, что **ниже** возможных природных.

Проект инженерной защиты устьевой части р. Баддон выполнен ОАО «Севкавгипроводхоз» на прогнозные параметры наносоводного селя природного происхождения.

Разработанная документация предусматривает:

- Защиту пос. Мизур в устье р. Баддон и водозаборного сооружения технической воды в русле р. Баддон от прогнозных природных селевых потоков и потока, возникающего в случае поступления в реку аварийного сброса из БСР Зарамагской ГЭС-1.

- Защиту участка автодороги пос. Мизур – с. Бад в секторе распространения водного факела при аварийном сбросе из БСР («на рельеф») расхода в 65 м³/с.

Намечено строительство:

- устьевое селепропускное сооружение – железобетонного лотка по руслу на длине в 315 м (общая длина сооружения 360 м);

- защитных стен из железобетона на участке водозабора технической воды длиной в 65 м;

- железобетонной галереи протяжённостью в 160 м над поверхностью существующей дороги и питьевого водовода для пос. Мизур (из верховий р. Баддон);
- несколько новых автодорожных мостов ниже участка поступления катастрофического сброса из БСР и берегозащитных вертикальных железобетонных стенок на участке правобережного сопряжения селепропускного лотка и р. Ардон ($L \sim 70$ м), а также на левом её берегу в зоне воздействия селевого потока р. Баддон ($L \sim 115$ м) и крепление последних 10 м дна лотка.

При этом:

- во избежание заторов на р. Ардон «сопряжение» выполняется плавно под углом $\leq 30^\circ$ (в современной реальности р. Баддон впадает в р. Ардон под прямым углом), углы поворота по остальной трассе $\leq 8^\circ$;
- расчётный расход ожидаемого наносоводного селя принят $Q_{c,0,5\%} = 140 \text{ м}^3/\text{с}$ (по классу селепропускного сооружения);
- уклон дна лотка запроектирован равным естественному уклону русла (0,087, что для прогнозируемых наносоводных селей допустимо);
- максимальная глубина селевого потока в лотке определена в 1,7 м, а скорость в 8 м/с;
- конструктивные параметры лотка проверены на возможность возникновение катящихся волн при прохождении ливневого паводка с расчётным расходом $109 \text{ м}^3/\text{с}$.
- Расчеты по уточненной модели неустановившегося движения Сен-Венана и разработанной программе (Т.А. Виноградова) с параметрами накладываемых друг на друга водным паводком по р. Ардон и селевым по р. Баддон (в 14 вариантах сочетания по обеспеченностям), с учетом фактического состояния русла р. Ардон на участке транзита селевых масс на конец 2012 г., приводят к выводу: **р. Ардон при запроектированном селепропуском лотке в устье р. Баддон способна к транзиту селевых масс из р. Баддон без перекрытия реки и создания опасного подпора выше узла слияния** (для площадки ГЭС-1, Транскама, пос. Мизур).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Формирование рукотворного селя при сбросе в русло р. Баддон $65 \text{ м}^3/\text{с}$ водоподачи на Зарамагскую ГЭС-1 неизбежно. При этом в режиме водокаменного потока селевая волна достигнет урбанизированного русла р. Баддон. Параметры такого природно-антропогенного селя, однако, окажутся ниже возможного (расчётной вероятности) природного селя, на которые, принимая условие временного несовпадения этих двух событий, и следует ориентировать инженерную защиту.

2. Гляциологическая, инженерно-геологическая и гидрологическая ситуация в обширном цирке верховий бассейна, в отличие от верховий большинства бассейнов селевого риска Центральной части Северного Кавказа, негативно реагирующих на деградацию оледенения последних десятилетий, не приводит, пока, к формированию потоков селевого типа, способных достигнуть скального сужения (каньена «Бадских ворот»), расположенного в $\sim 2,5$ км ниже истоков р. Баддон.

3. Река Ардон по гидравлическим параметрам потока и морфометрическим характеристикам русла полностью способна транспортировать поступающий материал наносоводных селевых потоков из р. Баддон, включая ожидаемые по прогнозу. Образование завальной плотины не произойдет. Селевые выносы р. Баддон не создадут подпора, опасного для объектов, расположенных выше по р. Ардон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буньков Ю.Д. Кадастр селей, зарегистрированных на территории РСО-Алания (по состоянию на 01.01.2007 г.). «Севосетингеоэкомониторинг», Владикавказ, 2007.
2. Виноградов Ю.Б. – Классификация селевых явлений // «Селевые потоки». Сборник 4, Гидрометеоздат. Москва, 1980, С-46-57.
3. Виноградов Ю.Б., Осипова Н.А. – Транспортно-сдвиговой селевой процесс. Модель с сосредоточенными параметрами // «Селевые потоки». Сборник 5, Гидрометеоздат. Ленинград, 1980. С. 10-11.
4. Виноградов Ю.Б. – К методике расчёта характеристик селевых потоков. Труды ГГИ. Выпуск 304. Гидрометеоздат. Ленинград, 1985, С. 83-89.
5. Запорожченко Э.В., Каменев Н.С. – Особенности современной селевой обстановки в горных районах Центральной части Российского сектора Главного Кавказского Хребта. Материалы Международной научной конференции «Устойчивое развитие горных территорий в условиях глобальных изменений» (электронный ресурс). Владикавказ: Издательство «Терек», СКГМИ (ГТУ), 2010, 11 с.
6. Запорожченко Э.В., Каменев Н.С. – Гляциологический фактор активизации селевых процессов на северном склоне Центрального Кавказа в начале XXI в. // «Лёд и снег», 2011, №1 (113), С. 131-136.
7. Запорожченко Э.В., Каменев Н.С., Никулин А.С. – О причинах катастрофических ситуаций во время дождевых паводков на реках Северной Осетии-Алании в июне 2010 года // Геориск, 2011, 2, С. 32-36.
8. Запорожченко Э.В., Каменев Н.С. – Селевой поток по р. Сылык-Суу 20 июля 2010 г. // «Мелиорация и водное хозяйство», 2011, №5. С. 6-9.
9. Защита населённых пунктов и народнохозяйственных объектов в Кабардино-Балкарской АССР от селевых потоков и снежных лавин. Первая очередь: верховья р. Баксан. Часть II. Книга 1. Инженерно-гидрологические и инженерно-геологические условия защиты от селей. «Севкавгипроводхоз», Пятигорск, 1982.
10. Иващенко Е.Н., Никулин А.С. – Особенности формирования селя 14.06.2006 года по р. Камык-Су. Труды Всероссийской конференции по селям 26-28 октября 2005 г. Нальчик, 2005. С.73-76.
11. Никулин А.С. – Максимальные расходы в бассейне р. Баксан (по следам потоков). Труды Всероссийской конференции по селям 26-28 октября 2005 г. Нальчик, 2005, С. 153-160.
12. Перов В.Ф. – Кадастр селевых бассейнов Северного Кавказа. МГУ, Москва, 2010.
13. Природные и техногенные катастрофы РСО-Алания (отв. ред. В.С. Вагин) – Владикавказ: Проект-Пресс, 2005, 352 с., С. 132.
14. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 8. Северный Кавказ. – Ленинград, Гидрометеоздат, 1973.
15. СН 518-79 – Инструкция по проектированию и строительству противоселевых защитных сооружений. Стройиздат. Москва, 1979.
16. СП 33-101-2003. – Определение основных расчётных гидрологических характеристик. Издание официальное. ГГИ. С.-Петербург, 2004.
17. Zaporozhchenko E.V. – The influence of the changing climate on conditions of initiation, movement and discharge of debris flows on mountainous rivers in the northern Caucasus (Russia). IAG-2011, Addis Ababa. Ethiopia. 2011, P. 167.

SOLUTION OF TASKS OF ENGINEERING PROTECTION AGAINST DEBRIS FLOWS ON UNDER-EXPLORED WATER CHANNELS (THE CASE OF THE BADDON RIVER BASIN, REPUBLIC OF NORTH OSSETIA-ALANIA)

Zaporozhchenko E. V., Sc. Candidate (Geol.), Kamenev N. S., Nikulin A. S.

OAO «Sevkavgiprovozhoz», Pyatigorsk, Russia, e-mail: skgvh@skgvh.ru

Under force-majeure circumstances in the system of pressure pipelines and the Zaramagskaya Hydroelectric Station-1 an emergency mode water discharge with a 65 cu.m/s discharge rate from the daily regulation reservoir of the right tributary of the Ardon river in the Baddon river basin will be required. In the Baddon river estuary and along the discharge transport channel there are buildings and infrastructure of the Mizur settlement, which experienced catastrophic effects of sediment/water debris flows in 1967 and 1996, whose quantitative characteristics remain unknown. The Baddon river has not been hydrologically explored. Emergency discharge exceeding the critical level (~30 cu.m/s) will cause a sediment/water debris flow with a ~85 cu.m/s discharge, which is less than those of possible debris flows of a 0.5-1% probability, coming up to the estuary. The drawn-up design of engineering protection, based on the parameters of a debris flow, occurring under the natural conditions developed up to 2012 ($Q_c=140$ cu.m/s; $p=1380$ kg/cu.m) at the 10 km long stretch in the valley upstream and downstream from the discharge point. Protective works: debris flow chute, bank protection walls (at the technical water intake structure), gallery at the location of the water discharge «plume» (above the autoroad).

Keywords: debris flow interaction sites, soil/rock and sediment/water debris flows, probability, calculated debris flow parameters