

УДК: 551.311.21:627.141.1

ПРОБЛЕМЫ И ОПЫТ ОЦЕНКИ РАСЧЁТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕЛЕФОРМИРУЮЩЕГО ВОДНОГО СТОКА

Херхеулидзе Г. И.

Институт Гидрометеорологии Грузинского Технического университета

Источники жидкой составляющей селевых потоков многократно описаны в селевой литературе. В глобальном масштабе они весьма многообразны, а указание на них, на их тип, является неотъемлемой, а иногда главной частью различных (дискуссионных) классификаций. К одной из классификаций, в компактном общем виде охватывающих всё многообразие определений селей и селевых явлений, относится классификация В. Ф. Перова [1], в которой селевые явления подразделены на три класса: 1. - «зонального проявления»; 2. - «регионального проявления» и 3. - «антропогенные». к первому классу отнесены типы: дождевой, снеговой, ледниковый; к второму: вулканогенный, сейсмогенный, лимногенный; в третьем выделены типы: техногенный (обусловленный технологическими процессами) и природный (негативное воздействие на компоненты окружающей среды, препятствующие развитию эрозионных и селевых процессов). В данной классификации, на наш взгляд, следовало бы: а) в первый класс включить 4-ый комплексный (или смешанный) тип, объединяющий три первых типа; во второй включить смерчи, а также акцентировать внимание на обвально-оползневом типе, добавив его в лимногенный в виде - «лимногенный и обвально-оползневой», с причиной и механизмом – «разрушение... обвально-оползневых и естественных озёрных плотин...». В работе [1] большой интерес вызывают описания т.н. квазиселевых потоков высокой (грязекаменные) и низкой (мутьевые) плотности, инициируемые землетрясениями, по мощи и скорости превосходящие селевые потоки суши. На акваториях Евразии такие потоки ранее не наблюдались и в (известной нам) литературе не описывались. Возможность, условия и последствия их образования, интересные с научной точки зрения, могут подлежать обязательному учёту при освоении шельфовой зоны и прокладке подводных коммуникаций. Разумеется, у таких потоков жидкая составляющая – всегда в избытке.

По определению, «селеформирующим» будет водный сток, приводящий (или способный привести) в движение и обеспечить перемещение рыхлообломочных материалов в виде селевого потока. Согласно выборке из классификации [1] или определениям [2,3], источником этого стока могут быть: интенсивные дожди, ливни, и талые воды; интенсивное опорожнение или прорыв различного рода запруд и плотин.

Параметры селеформирующего водного стока – это осадки (слой и интенсивность), расход или (и) объём воды, принимающей или принявшей участие в формировании селевого потока. В это понятие могут входить различные, - минимальные, расчётные, прогнозные или экстремальные качественные или количественные характеристики указанных параметров, приуроченные к регионам, районам, бассейнам рек и их конкретным участкам или створам, которые следует включать в определение при его конкретизации (например: минимальные, расчётные или прогнозируемые селеформирующие осадки, расход или объём воды и т.п.). Расчётами – являются параметры селей, которые определяют возможные (опасные или безопасные) уровни и зоны затопления территорий, воздействия селей на инженерные сооружения.

В таблице 1 приведены данные по относительному вкладу основных источников поверхностного водного стока в образование селевых потоков на территориях Грузии и Кавказа, качественно характерное для большинства регионов мира, свидетельствующее о значительном преобладании в формировании селей дождей и ливней.

Заметим, что параметры весьма редких (вулканогенных и вызванных смерчем) селей, и в том числе их водная составляющая, по-видимому, могут быть приближенно оценены лишь при наличии фактических данных об этих явлениях или по, с большой достоверностью обоснованным, аналогам. Параметры селеформирующего водного стока, образующегося при прорыве искусственных и естественных плотин и завалов устанавливаются на основе оценки возможных размеров и времени образования прорана, объёма воды в ёмкости за преградой, определяющих характеристики прорывной волны и её трансформации (при необходимости, с учетом наложения дождевого стока). Существует ряд теоретических и полуэмпирических методов для определения параметров прорывной волны и их трансформации при продвижении по руслу, в частности, - метод ЗакНИГМИ, приведенный в [4].

Установить количественные параметры талого стока, вызывающего сдвиг значительного объёма переувлажнённых грунтовых или снежных масс, возможно лишь путём организации непрерывных наблюдений за стоком и состоянием устойчивости этих масс.

Табл. 1. Источники селеформирующего водного стока по данным [2,3]

Страна, регион	Селеформирующего водный сток (%)				
	Дожди, ливни	Талые воды	Ледники и морены	Прорыв завалов	Всего
Азербайджан	96.3	3.7	-	-	100
Армения	99.5	0.5	-	-	100
Грузия	79.1	9.5	5.8	5.6	100
Северный Кавказ	68.5	10.2	14.0	7.3	100
Всего по Кавказу	85	5.6	5.5	3.9	100

Вместе с тем, на основе статистического, в том числе дискриминантного, анализа случаев прохождения селевых прогнозов и связанных с ними условий и гидрометеорологических факторов, разработаны методы альтернативного прогноза возможного формирования селя в районах селевой опасности (представленных на гидрометеорологических и геологических картах [5-8]) обеспеченных соответствующими данными наблюдений и прогноза. В таблице 2 приводятся прогнозные значения селеопасных осадков, установленные специалистами ЗакНИГМИ и Грузгидромета, используемые для фонового прогноза селевой опасности.

Таблица 2. Прогнозные значения селеопасных осадков суточный слой (мм)/интенсивность (мм/мин)

Предварительное увлажнения грунта		Западная Грузия	Аджария	Восточная Грузия
Перед прогнозом	Засушливый период	50/2	40/1	30/0.5
	Обложные осадки	40/2	30/1	20/05

Районы прогнозируемой угрозы могут уточняться по картам селевой опасности [5-8], а в случае их обеспеченности данными метеорологических наблюдений – по разработанным в ЗакНИГМИ на основе дискриминантного анализа (с просеиванием) прогнозным формулам, типа

$$V = -11.29 + 0.081y + 0.27t_{\min} + 0.051r + 0.111T_{\max} + 0.0003S_y \quad (1)$$

где
 y и r – суточный слой осадков и относительная влажность воздуха;
 t_{\min} T_{\max} – суточные минимальная температура грунта и максимальная температура воздуха;
 S_y – сумма осадков за предшествующие прогнозу 20 дней.

Прогноз селеопасности даётся когда $V \geq 0$. Зависимость проверялась по базе данных метеостанции Кварели за 4992 дня (~30 селевых сезонов) при оценках оправдываемости 86% и предупреждённости 74%. Примечательно, что при введении условия $S_y \geq 120$ мм предупреждённость прогноза возрастала (правда, за счёт снижения оправдываемости, что указывает на большое влияние фактора предварительной увлажнённости на степень и масштаб селевой опасности, в то время как параметры t_{\min} T_{\max} – косвенно указывают на влияние вязкости. Т.к. эти предикторы измеримы и прогнозируемы (на 12-24 часа), после подстановки их в прогнозную формулу, получим прогнозное количество селеобразующих осадков, или реальных осадков, если задействована система дистанционного измерения осадков, подобная, разработанной учёными ЗакНИГМИ, системе радиолокационного измерения (или другая эффективная существующая система). Вероятность прогноза оценивается формулой $P_+ = 100\% \cdot V / (1 + e^V)$. Сель может быть спрогнозирован или пройти и при полном отсутствии осадков, при высоких значениях температурных предикторов, обуславливающих интенсивное таяние снега и льда, однако, наложение осадков на талый сток в значительной мере повышает степень риска образования селя большой мощности.

Наиболее распространены, наиболее часто создают угрозу дорогам, коммуникациям, сельскохозяйственным угодьям, населённым пунктам и их инфраструктуре, - сели дождевого генезиса, которые формируются при наличии (в руслах рек, в селевых очагах и врезках, на склонах и стоковых поверхностях) значительного количества селеобразующего рыхлообломочного материала, а также морфометрических характеристик (прежде всего, уклонов), достаточных для их перемещения. Дождевые осадки, их количество и интенсивность - главные факторы образования поверхностного стока, обеспечивающего увлажнение и перемещение селеобразующего материала (твёрдой составляющей селя) вниз по течению. Решение инженерных задач, связанных с

селевыми воздействиями, требует определения максимального расхода (с оценкой вероятности превышения), скорости и плотности селевой массы. Измерить эти три параметра одновременно возможно, разве что, на специально оборудованном гидростворе на единичном водотоке (без вероятностной оценки). Установление расхода по следам прошедших селей (по уровню) требует назначения параметров живого сечения, средней скорости и плотности потока по одной из существующих формул (также без оценки вероятности). Для расчётов максимального селевого стока с инженерных позиций, наиболее действенной оказалась концепция Д. Л. Соколовского («Сель – это паводок, насыщенный большим количеством наносов...»), который, (журнал «Гидрометеорология и гидрология», №5, 1947г [9,10])предложил увязать селевой сток с водным паводковым стоком («Сель – это паводок, насыщенный большим количеством наносов...»). Расход селя (в варианте Д. Л. Соколовского с α , а в варианте М.Ф.Срибного β и K)

$$Q_c = \alpha Q_B = (1 + \beta) K_3 Q_B, \quad (2)$$

где Q_B – водный расход; α - концентрация твёрдой компоненты; β - объёмное содержание наносов в потоке; $K_3 = 3 \div 5$ – коэффициент заторности. Автором предложено подразделение селей на три градации: слабо-, средне- и весьманасыщенные, с объёмным содержанием наносов соответственно: 0.03-0.14; 0.14-0.32 ; 0.32-0.50; при плотности: 1.05-1.20; 1.20-1.40; 1.4 - ≥ 1.6 .

В дальнейшем различными авторами, было разработано немало модификаций формулы (1) и входящих в неё параметров, в частности, методов и формул расчёта расхода и объёма входящего в формулу (1) водного стока, использовавшихся в различных ведомствах и проектных организациях, перечисленных и проанализированных в работах [9,10 и др.].

Отметим важные (концептуальные) понятия, введённые И. И. Херхеулидзе: а) это понятие о селеактивности бассейна, - осреднённой удельной селеактивности его фрагментов, с ландшафтными характеристиками, отражающими их вклад в твёрдую составляющую селя; б) это понятие о текучести селевой массы в зависимости от концентрации грунта и его физико-механических характеристик (в том числе от содержания коллоидов), влияющих на предел текучести; в) это постановка значений объёмной концентрации в зависимости от уклона и селеактивности, с учётом вероятностного фактора; г) это учёт того, что многократное превышение значения селевого расхода над водным происходит за счёт воды, содержащейся в вовлечённом в поток грунте. последнее утверждение долгое время воспринималось рядом учёных и специалистов [9, и др.], как ошибочное, однако уникальные «Чемолганские» эксперименты КазНИГМИ, в которых сформировавшийся при движении по руслу расход селя многократно превышал расход попуска воды, - развеяли сомнения. Перечисленные в пп «а-г» положения нашли отражение в т.н. методике Закнигми (И. И. Херхеулидзе), положенной в основу утверждённой в 1976 году Главгидрометслужбой и Минтрансстроем СССР, ВСН 03-76 [11]). В ней (в нашей транскрипции) селевой расход $p\%$ -ной обеспеченности определяется по формуле

$$Q_{CP} = Q_{BP} (K_w)^{1.08}, \quad \text{где} \quad (3)$$

$$Q_{BP} = q_{1\%} m_a \lambda_p = q_{1\%} (H_{1\%} / K_R) \lambda_p. \quad (4)$$

Q_{BP} , $q_{1\%}$ и λ_p - водный расход $p\%$ -ной обеспеченности и модуль максимального дождевого стока 1% -ной обеспеченности и переходный коэффициент от 1% -ной к другой обеспеченности. m_a , $H_{1\%}$ - коэффициент, зависящий от гидрологического района (параметр K_R) и максимального суточного слоя осадков 1% -ной обеспеченности $H_{1\%}$, который рекомендуется определять по «Указаниям ... (СН 435-72) имея, однако, в виду, что КазНИГМИ разработаны более новые данные и карты этого параметра для всей территории бывшего СССР, в частности, нанесенные на опубликованную нами карту селевой опасности Закавказья и Дагестана (Е. А.Таланов [5]), а также данные М. С. Хвичиа, учитывающие особенности сложного горного рельефа Грузии, нанесенные на карту селевой опасности [6].

В методике ВСН 03-76 выделено всего два гидрологического района: первый ($K_R=110$), куда входят – Восточное Закавказье (без Ленкорани, и второй ($K_R=250$), куда входят все остальные районы бывшего СССР. Вместе с тем, как уже отмечалось выше, существуют и применяются или рекомендуются различными ведомствами, организациями, специалистами другие методы и формулы: усовершенствованные на основе новых данных или моделей, более детально отражающие целевую и региональную специфику решаемых задач и т.п. (например, методы 1-4). Важно иметь в виду: что большинство селевых бассейнов относится к малым водосборам горного типа, для которых на сегодняшний день практически невозможно подобрать аналог, обеспеченный репрезентативными натурными данными; и что к расчёту стока таких водосборов применима не каждая методика. Поэтому целесообразно использовать методы, прошедшие широкую и достаточно длительную апробацию. В

9. Флейшман С. М. Сели. –Л: Гидрометеиздат, 1970., - с 172-279.
10. Соколовский Д. Д. Речной сток. – Л.: Гидрометеиздат, 1968, - с 457-468.
11. Инструкция по определению расчетных характеристик дождевых селей. ВСН 03-76. - М.: Гидрометеиздат, 1976. - 30 с.
12. Определение расчётных гидрологических характеристик дождевых селей. СНиП 2.01.14-83. Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. - 36 с.
13. И. И. Херхеулидзе. Обобщённая схема расчёта элементов селеформирующего дождевого стока. Гидрологические и гидротехнические проблемы противоселевых мероприятий. Под ред. Г. И. Херхеулидзе. Тр. ЗакНИИ Госкомгидромета, 1984, вып. 83(90), с. 10-27.
14. Перевозников Б.Ф. Справочник инженера-дорожника. Определение объёмов и расходов поверхностных вод на малых водосборах. – М.: «Транспорт», », 1977, с. 448-459.
15. Технические указания по расчёту максимального стока рек в условиях Кавказа (Г.Д. Ростовов). Тбилиси: Закнии Госкомгидромета СССР, 1980. - 71с.
16. Г. И. Херхеулидзе. Оценка параметров предельного насыщения в методах расчёта максимального селевого стока. Тр. Института гидрометеорологии ГТУ, т. 11, с. 40-43.

უკ: 551.311.21:627.141.1

ღვარცოფვარამომქმნელი წყლის ჩამონადენის პარამეტრთა შეფასების პრობლემები და მათი შეფასების გამომცდილება/ ხერხეულიძე გ.ი./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული - 2013. - ტ. 119. -გვ.173-177. - რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

არსებული მოდელებისა და მეთოდების განხილვის საფუძველზე ხორციელდება ღვარცოფვარამომქმნელი წყლის ჩამონადენის საანგარიშო პარამეტრთა შეფასების შესაძლებლობის გაანალიზება. მოცემულია საანგარიშო მეთოდების შერჩევის რეკომენდაციები, რისკის კრიტერიუმების და საწყისი ინფორმაციის შექმნის შესაძლებლობის გათვალისწინებით.

UDC: 551.311.21:627.141.1

PROBLEMS AND EXPERIENCE OF EVALUATING THE DESIGNED MUDFLOW FORMING RUNOFF PARAMETERS/ Kherkheulidze G. / Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. - 2013. - т.119. – pp. 173-177. -Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Based on consideration of the existing models and methods, the alternative capabilities of estimation mudflow forming runoff designed parameters are analysed. The recommendations on the choice of calculation methods, according to the criteria of risk and the ability to obtain initial information.

УДК: 551.311.21:627.141.1

ПРОБЛЕМЫ И ОПЫТ ОЦЕНКИ РАСЧЁТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕЛЕФОРМИРУЮЩЕГО ВОДНОГО СТОКА/Херхеулидзе Г. И./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета – 2013. – т.119. – с.173-177 - . – Рус.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Анализируются альтернативные возможности оценки расчётных параметров селеформирующего водного стока на основе существующих моделей и методов. Даются рекомендации по выбору расчётных методов, с учётом критериев риска и возможности получения исходной информации.