

Молжигитов С.К.

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ И ВЛИЯНИЕ ГАЗОВОГО КОМПОНЕНТА СЕЛЯ НА ДИНАМИКУ ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗАЩИТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

S.K. Molzhigitov

TORRENT AND EFFECT OF THE GAS COMPONENT OF THE VILLAGERS ON THE DYNAMICS OF ITS IMPACT ON THE PROTECTIVE STRUCTURES

УДК 423:34. 196.3.

Статья посвящена особенностям селевых потоков и динамике их воздействия на защитные сооружения.

This article is devoted to mudflow and dynamics of impact load.

Сель – арабское слово и в переводе означает бурный горный поток.

Термины «сель» и «селевой поток» прочно вошли в современную литературу и стали общепотребительными. Более полно понятие «сель» можно определить так – временный горный поток с большим содержанием наносов от мельчайших частиц до крупных камней и глыб.

Селевые потоки характеризуются внезапностью возникновения, масштабностью размеров и огромной разрушительной силой. Они являются грозной стихией гор. Не зря в народе их называют «черными драконами» или «черной смертью».

Селевые явления, наряду с оползнями, обвалами, землетрясениями и другими видами денудации, относятся к числу активных экзогенных процессов, производящих за короткий промежуток времени значительные изменения формы долины и русла в горных речных бассейнах в результате эрозии русла потоком и накопления селевых отложений. В считанные минуты они превращают речные долины в бездонные каньоны, а русла рек – в глубокие овраги и конусы выносов селевых отложений.

Основными причинами возникновения селей являются ливневые дожди, прорывы моренно-ледниковых озер и землетрясения. Существенное влияние на процесс их возникновения могут оказывать и антропогенный фактор – хозяйственная деятельность человека.

Особо грандиозными масштабами и высокой насыщенностью наносами отличаются сели, возникшие в результате землетрясений от прорывов временных завальных водоемов, образованных оползнями и обвалами, моренно-ледниковых озер. На втором месте по размерам и разрушительным последствиям стоят ливневые сели.

Все крупнейшие сели, по существу, представляют собой жидкую смесь воды и грязекаменной массы с содержанием наносов 50–85%. Максимальная насыщенность наносами у ливневых селей достигает $1, 8-2, 2 \text{ т/м}^3$, а у гляциально-прорывных и сейсмогенных – $2, 2-2, 4 \text{ т/м}^3$.

Специфической особенностью грязекаменных селей является четко выраженный волнообразный, заторный характер их движения. Отдельные волны

движутся со скоростью в 10–12 м/с и более, легко переносят огромные глыбы камней весом до 300 т. Обладая большой ударной силой (более 100 т/м^2), поток на своем пути разрушает все: гидротехнические сооружения, дороги, мосты, сооружения хозяйственного значения в том числе газо-нефтепроводы, пролегающие по горным районам страны, сильно деформирует долину и русло реки. Крупные селевые потоки обычно движутся по всей ширине горной долины. Высота селевых волн на расширенных участках нередко достигает 10–15 м, а в узких и заторных – 20–30 м и более. При выходе из гор на предгорную равнину сель обычно распластывается и образует мощные конусы наносов.

По мощности и разрушительности селей Казахстан занимает одно из первых мест в СНГ. Основными селеопасными районами республики являются Заилийский, Джунгарский и Таласский Алатау, горы Каратау, Кунгей, Кетмень и Казахстанский Алтай. В республике насчитывается более 300 селевых бассейнов, где за период с 1841 по 2006 гг. зарегистрировано около 890 случаев прохождения селей. Из них 83% составили сели от выпадения ливневых дождей, 15% – от прорыва моренно-ледниковых озер и 2% – от землетрясений в результате прорыва временных завальных водоемов, образованных оползнями и обвалами

По количеству действующих селевых бассейнов, числу случаев и масштабности прохождения селей на территории Казахстана можно выделить четыре селеопасных района:

- ✓ весьма селеактивный – горы Заилийского Алатау; сильно селеактивный – горы Джунгарского и Таласского Алатау;
- ✓ среднеселеактивный – горы Каратау, Кунгей и Киргизский Алатау;
- ✓ слабоселеактивный – Чу-Илийские горы, Кетмень, Саур-Тарбагатай и Казахстанский Алтай.

Горы Заилийского Алатау – классическая арена для проявления катастрофических селей. Здесь располагаются 10 крупных селевых бассейнов, 106 целевых русел, отмечено 520 выбросов селей, или до 50% от всех случаев, наблюдавшихся на территории Казахстана.

Высокая селевая активность гор Заилийского Алатау обусловлена сложными сейсмогеологическими и гидрометеорологическими условиями. Интенсивности селевых процессов способствуют следующие факторы:

1) сильная вертикальная расчлененность рельефа с крутыми уклонами русел и склонов речных долин, вызванная активными сейсмологическими деформациями и водно-эрозионными процессами;

2) наличие больших масс слабоустойчивых рыхлообломочных моренно-ледниковых отложений в высокогорной зоне и широкое распространение валунно-галечных отложений по дну и склонам речных долин в среднегорной и предгорной зонах; возможность возникновения катастрофических ливневых и ледниково-прорывных паводков.

Главный механизм формирования селевых потоков – русловые процессы катастрофических ливневых и прорывных паводков, интенсивно размывающих русла рек, подмывающих склоны гор и вовлекающих в свой поток твердый материал. Все катастрофические сели, наблюдавшиеся в горах Заилийского Алатау, представляли собой бетоно-образную смесь воды и наносов, где транспортирующей силой являлась водно-коллоидная среда. По составу массы сели были грязекаменные, по динамическим свойствам – типично турбулентными с волнообразным характером движения. Максимальная насыщенность грязекаменных селей наносами достигала 2, 2–2, 4 т/м³.

В горах Заилийского Алатау до 75% селей возникали от выпадения ливневых дождей, 22% – от прорыва моренных озер при интенсивном таянии высокогорных ледников и снегов и 3% – от землетрясений в результате прорыва временных завальных водоемов.

По количеству случаев доминируют ливневые сели, охватывающие одновременно многие горные бассейны рек. Гляциальные действуют локально по отдельным руслам, но по мощности они значительно превосходят ливневые.

Высокая катастрофичность проявления гляциальных селей обусловлена мгновенным прорывом в высокогорной зоне больших масс воды из моренных водоемов и массовым обрушением талых, переувлажненных моренных толь, которые на пути своего движения в среднегорной зоне быстро переходят в мощные селевые потоки и разрушают речные долины.

В последние годы гляциальные сели носят прогрессирующий характер. Их возрастающая активность начала проявляться в горах Заилийского

Алатау после 1950 года и достигла максимума в 1970 годы. Активизация этих процессов обусловлена потеплением климата и загрязнением поверхности ледников в результате интенсивной деятельности человека.

В настоящее время в высокогорной зоне Заилийского Алатау идет процесс отступления ледников и роста открытых площадей моренных образований, в результате чего активизировались термокарстовые и гляциально-нивальные явления. Так, например, центральный ледник Туюксу за период с 1949 по 1985 годы линейно отступил на 750 м, по высоте поднялся на 110 м.

Оценка селеопасности бассейнов рек имеет большое практическое значение для проектирования противоселевых сооружений, проведения других защитных мероприятий. В ее основу в Заилийском Алатау положены основные количественные показатели главных факторов селеобразования. К ним относятся: эродированность (пораженность) бассейнов селевыми очагами; уклон рельефа и русел рек; форма и высота бассейна; степень оледенения и наличие моренных озер; удельная селеактивность бассейна; количество селей на единицу площади бассейна; повторяемость (частота), прохождения селей; объем выносов и максимальные расходы селей; лесистость бассейна. Рассматривая роль каждого фактора, следует отметить, что чем больше их величина, тем сильнее и активнее протекают процессы селеобразования и, следовательно, выше степень селеопасности бассейна. Роль растительного покрова, особенно леса, несомненно, заключается только в снижении селевых процессов ливневого происхождения за счет уменьшения склоновой эрозии и концентрации стока в русловую сеть.

Высокая активизация и мощное проявление селевой деятельности рек Малой и Большой Алматинок, Аксая, Талгара и Иссыка обусловлены центральным расположением в Заилийском Алатау с наибольшими высотами до 4200–4900 м, высокой степенью оледенения бассейнов до 10–26% и интенсивным проявлением ливневой деятельности.

Более низкой активизацией и меньшей мощностью селепроявления характеризуются реки западной и восточной части хребта Заилийского Алатау, где бассейны имеют меньшие высоты – до 3000–4000 м, низкую степень оледенения – до 2–6% и более слабую ливневую деятельность. К этим рекам относятся Узункаргалы, Чемолган, Каскелен, Турген и Чилик.

Особо интенсивным селеобразованием и моными селепроявлениями ливневого и гляциального происхождения характеризуются бассейны рек Малой, Большой Алматинок, Талгара и Иссыка.

Главным источником формирования катастрофических селей на реках Малая и Большая Алматинки в 70–75% случаев были ливневые дожди, в 20–25% – прорыв моренно-ледниковых озер и в 5% – прорыв временных водоемов, образованных в результате землетрясений. На реках Талгар и Иссык до 30–50% катастрофические сели были ливневого и 50–70% – гляциального происхождения.

Динамика удара селя о сооружение достаточно сложна и исследуется, как правило, экспериментально. В настоящей статье основное внимание уделяется экспериментальному выявлению сущности рассматриваемых явлений при соударении селя с жесткими сооружениями. Здесь ключевой вопрос – учет импульсных нагрузок, которые, как показала практика, для противолавинных и противоселевых сооружений нередко являются разрушающими. В наших опытах на гидравлических лотках период нарастания нагрузки колебался от 0,02 до 0,09 с при длине потока до 2,5 м.

В экспериментах на селевых стендах скорости соударения достигал 7,5 м/с, высота фронта селевой волны - 30 см, плотность от 1,7 до 2,21 г/см³, диаметр датчика, воспринимающего удар равен 60 мм [1].

Опыты проводили с образцами селевой массы различного грансостава, но какой-либо связи ударных нагрузок с реологическими свойствами грунтов не было обнаружено.

Исследование сил, развивающихся при ударе, позволило выявить две стадии взаимодействия высокоскоростного потока с сооружением: удар переднего фронта селевой волны; воздействие основного тела селевого потока. Осциллограммы давления снятые с датчиков показали волновой характер взаимодействия потока со стендом. При соударении селя с преградой в ударяющейся селевой массе возникают возмущения, распространяющиеся в виде волн напряжений. Если скорости селевого потока достаточно велики, то пиковые давления этих волн напряжений превышают предел прочности селевой смеси. При этом структура селевой массы разрушается, и она деформируется в соответствии с закономерностями динамики водонасыщенных грунтов [2].

При малых давлениях происходит деформация селевой массы за счет переупаковки твердых частиц, сжатие заземленного в порах воздуха, частичная фильтрация жидкости и уплотнение среды. Деформация среды, включая смещение твердых частиц, уменьшение свободного порового пространства, частичное сжатие воды с пузырьками воздуха, происходит не мгновенно, а в конечное время. Этот процесс частично необратим.

Наибольшие деформации соответствуют начальной стадии удара - сжатию заземленного воздуха и переукладке частиц, затем сжимаемость селевой массы резко снижается. Сжимаемость селевой смеси меняется в больших пределах и определяется интенсивностью динамических нагрузок, начальной плотностью и напряженным состоянием, воздухонасыщением.

Г.М. Ляхов рассматривал трехкомпонентную среду, состоящую из газовых пузырьков, твердых частиц и жидкости. Таков, например, водонасыщенный грунт. Он, как правило, состоит из песка, воды и пузырьков воздуха. Влияние воздухосодержания на свойства водонасыщенного грунта не ограничивается увеличением или снижением его сжимаемости. Г.М.Ляхов [3] утверждает, что максимальное давление, скорость распространения максимума давления и другие параметры, волны существенно зависят от содержания воздуха α в водонасыщенном грунте. С возрастанием α от нуля до 0,04 максимальное давление убывает на два порядка, скорость максимума - более чем на порядок. При изменении содержания воздуха от 0 до 10⁻¹ скорость звука: c в водонасыщенном грунте изменяется от 1620 до 26 м/с.

Из современных работ Е.Б.Сибирякова по исследованию волн в песчано-глинистых средах исследуется зависимость скорости распространения про-

дольных волн от диаметра частиц для песков, из которого следует скорость распространения продольных волн находится в диапазоне от 700 до 300 м/с [4]. Также из анализа экспериментальных результатов проведенных нами и оценки верхнего предела силы удара по известной формуле $p - n - c - u$

$H.E. Жуковского$ ^h, где p - плотность среды, c - скорость распространения возмущения внутри среды, и u - скорость потока следует, что наиболее близкие результаты получаются в диапазоне $300 < c > 400$ м/с.

В работе Г.А.Дружинина исследуется зависимость скорости звука в воде с пузырьками воздуха от объемной концентрации пузырьков воздуха p . При маленьких концентрациях скорость стремится к скорости звука в чистой воде. При стремлении концентрации к единице, скорость стремится к скорости звука в воздухе. Удивительнее всего - то, что при концентрации пузырьков газа в 50%, скорость звука в смеси равна 23 м/с. Это намного меньше и скорости звука в воде, и в воздухе! Объясняется это тем, что при таких концентрациях газа сжимаемость смеси определяется газом, а плотность - жидкостью [5].

В работе Е.А.Толстых и Ю.А.Сагайдачного описывается метод определения газовой компоненты селей, подчеркивается ее важная роль и необходимость учета при исследовании селевой массы. Эти выводы были сделаны авторами на основании натуральных наблюдений Е.А.Толстых, отмечавшего выход воздушных пузырей из свежих отложений селевой массы в р.Грязной, а также ссылки на сообщение Г.М.Беручева, наблюдавшего пузырение застывшей селевой массы в бассейне р.Дуруджи [6].

Таким образом приходим к выводу о важности учета газовой компоненты селя при расчете ударного воздействия селевого потока на защитные сооружения. Согласно волновой теории, в начальный момент удара происходит сжатие селя в головной части а, затем волна сжатия начинает удаляться от головной части селя. При этом происходит уменьшения воздействия селя на защитное сооружение. Чем меньше скорость распространения волны, тем меньшая масса селя участвует в передаче импульса в начальной стадии ударного воздействия селя на противоселевое сооружение. Для оценки верхнего и нижнего предела воздействия селя на защитное сооружение возьмем скорость распространения продольных волн в потоке в лежащем диапазоне $300 < c > 800$ м/с, плотность селя 2300 кг/м³, а скорость движения массы селя 7 м/с тогда нижние и верхние пределы воздействия селя на противоселевое сооружение будет находится в диапазоне $48,8 < P > 128$ кг/см² или $483 < P > 1288$ т/м².

Литература:

1. Молжигитов С.К. Динамика воздействия селевого потока на поперечную жесткую преграду. //Материалы международной научно-технической конференции. Т.Н.- Алматы: КазАТК. 2005. С. 190-193.
2. Байнатов Ж.Б., Молжигитов С.К. Некоторые результаты экспериментального исследования динамики ударного воздействия селевого потока на сплошную преграду//Вестник КаздорНИИ, №3-4. 2004. С.42-45.

3. *Ляхов Г. М.* Волны в грунтах и пористых многокомпонентных средах. М., 1982. -288 с.
4. *Сибиряков Е.Б.* Распространение слабых волн в песчано-глинистых отложениях. //Труды школы-семинара, Институт геофизики СО РАН Новосибирск, 20-24 мая, 2002.-10 с.
5. *Дружинин Г.А.* Волны в средах с пузырьками. «Акустика на пороге XXI века». Сб. трудов VI сессии русского акустического общества. М. Изд. Московского государственного „горного университета. 1997, с.7 - 12.
6. *Толстых Е.А., Сагайдачный Ю.А.* Газовая компонента селей и вопросы ее изучения//XVI Всесоюзная научно-техническая конференция по методам расчета и прогноза селевых потоков: Тез. докл. М., 1981. С. 172-179.

Рецензент: к.т.н. Акжигитов Б.К.
