

Задание 1.

Собрать информацию, рассмотреть, проанализировать и отобрать материалы о факторах трансформации прорывных потоков горных озер в разрушительные селевые потоки горных долин

Исполнитель: Ерохин С.А.

В последние 55 лет изучение селевой опасности горных долин проводилось совместно с обследованием прорывоопасных озер, так как формирование разрушительных селевых потоков зависит не только от мощности прорывного потока из озера, но и от условий в горной долине, под влиянием которых прорывной поток может трансформироваться (преобразовываться) в поток селевой. Участок горной долины, в котором сложились условия благоприятные для селеформирования, называется селевым очагом. Морфологически селевые очаги представляют собой узкие и глубокие горные ущелья с крутыми высокими бортами, чаще сложенными рыхлообломочным неустойчивым к размыву материалом, или реже скальными породами (рис.1). Днища ущелий завалены рыхлообломочным склоновым материалом, а также обломками, принесенными с верхних участков долины. Уклон днища изменяется в широких пределах от $5-10^0$ до $30-35^0$. Длина селевых очагов изменяется от нескольких сотен метров до первых километров, высота бортов от нескольких десятков до первых сотен метров.

Главная опасность селевых очагов состоит в следующем:

- 1) они трансформируют водный поток в селевой, тем самым значительно увеличивают его разрушительную мощность;
- 2) они многократно увеличивают расход потоков и этим резко расширяют границы зоны поражения.



Рис.1. Селевой очаг Теке-Тор в долине реки Ала-Арча на северном склоне Киргизского хребта

Основной задачей при оценке опасности селевых очагов является определение отношения расходов селевого потока и селеформирующего водного потока. Мы обозначаем величину этого отношения знаком S :

$$S=Q_s/Q_p,$$

-где Q_s - расход селевого потока, м³/сек; Q_p - расход прорывного потока, м³/сек.

Величина S показывает способность селевого очага к селеформированию. Она отражает его геологические свойства в зависимости от морфологии, литологии, состава и строения, слагающих его отложений. Однако она еще не отражает сам селевой поток, поскольку он формируется двумя составляющими: геологической и гидрологической. Если геологическая часть селевого потока образуется в селевых очагах, то гидрологическая на территории всего селесбора и зависит от климатических условий целого горного региона. Чтобы понять, как формируется водный поток, который, двигаясь вниз по долине, может трансформироваться в селевой, а может так и остаться паводком, необходимо изучить всю горную долину.

Наблюдения за селевыми потоками в горных долинах Тянь-Шаня показывают, что присутствие в отложениях глинисто-пылеватых фракций даже в небольших количествах (1-2%) придает этим отложениям специфические свойства связанных отложений, например, способность, переходить в текучее состояние и двигаться однородной массой при определенной степени увлажнения и на уклонах, превышающих угол внутреннего трения селевой массы. Поэтому глинисто-пылеватая часть отложений в наибольшей мере отражает возможность их участия в селеформировании.

От угла внутреннего трения селевой массы зависит степень насыщения водного потока рыхлообломочным материалом. Для количественной оценки этой зависимости известные ученые Т.Такахаши, Р.Багнольдо и Ю.Б. Виноградов вывели формулу, получившую название уравнение Такахаши-Багнольда (Степанов, 1985). Преобразованное относительно параметра C_T , где C_T – это весовая концентрация обломочного материала в селевой смеси, это уравнение выглядит следующим образом:

$$C_T = \frac{\rho_0 \times \operatorname{tg} \alpha}{(\rho_T - \rho_0) \times (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \alpha)} \quad (1)$$

где ρ_0 и ρ_T - плотность воды и твердой составляющей селевой массы; для практических расчетов можно принять $\rho_0 = 1,0$ г/см³; $\rho_T = 2,65$ г/см³;

φ - угол внутреннего трения рыхлообломочных отложений под водой;

α - угол наклона днища долины или селевого очага.

Согласно этого уравнения селеформирующая активность отложений характеризуется параметром C_T , который зависит от величины угла внутреннего трения φ . Чем больше значение φ , тем больше возможно насыщение водного потока обломочным материалом. Угол φ , в свою очередь зависит от состава селеформирующих отложений. Следовательно через параметр φ прослеживается связь между C_T и составом селевых отложений. Поскольку предполагается, что селеформирующая способность отложений зависит от содержания в них глинисто-пылеватой фракции, то для оценки влияния пылеватых и глинистых частиц на величину угла внутреннего трения отложений - φ , были проведены полевые исследования по определению угла внутреннего трения мелкозема под водой. Мелкоземом считаются частицы менее 10 мм, составляющие заполнитель грубообломочной части отложений. В составе мелкозема выделялись

песчаные частицы размером от 2 до 0,1 мм, и пылеватые и глинистые частицы, размером менее 0,1 мм.

В результате была установлена четкая зависимость угла внутреннего трения отложений от содержания пылеватых и глинистых частиц в составе их мелкозема. Особенно тесная связь наблюдается между φ и $C_{п.г.}$, где коэффициент корреляции достигает 94-97%. Следовательно, можно заключить, что селевая активность отложений во многом зависит от содержания в их мелкоземе пылеватых и глинистых частиц.

Однако эта зависимость имеет определенные границы. Как показывают наблюдения за селевыми потоками в горных долинах Тянь-Шаня, селеформирующая активность отложений по мере увеличения содержания в них пылеватых и глинистых частиц возрастает до какого-то предела, за которым она начинает уменьшаться. При значительном (возможно более 30%, см. табл. 2) содержании в составе мелкозема глинистых и пылеватых частиц отложения не могут формировать селевые потоки. Наиболее ярким примером этого свойства рыхлообломочных отложений является отсутствие селевых потоков на площадях развития палеоген-неогеновых пород. При выветривании и разрушении этих пород образуются рыхлообломочные отложения со значительным содержанием глинистых и пылеватых частиц, которые формируют только наносоводные потоки плотностью до 1,4 г/см³. Разрез палеоген-неогеновых пород венчают грубообломочные отложения, так называемой шарпылдакской свиты, верхнеплиоценового-нижнеплейстоценового возраста. Содержание пылеватых и глинистых частиц в составе мелкозема отложений этой свиты находится в границах селеформирования, поэтому на площади развития шарпылдакских отложений наблюдаются следы прохождения типичных селевых потоков.

С другой стороны, если количество пылеватых и глинистых частиц в составе мелкозема отложений будет незначительным, меньше нижней границы селеформирования, то селеформирующая активность этих отложений резко уменьшается. Поэтому грубообломочные отложения коллювиального типа, отложения «каменных потоков» или «курумов» в селеформировании почти не участвуют. Если селевой поток встречается на своем пути «курум», он упирается в него как в плотину, отклоняется к противоположному борту долины, а затем огибает его в своем дальнейшем движении.

Для определения селеформирующей способности отложений различных генетических типов было проведено полевое обследование их состава в долине реки Аксай (бассейн реки Ала-Арча на северном склоне Кыргызского хребта). Селеформирующая способность отложений оценивалась по плотности формируемых ими селевых потоков. Плотность селевой массы в потоке определялась по формуле:

$$\rho_c = (1 - C_T)\rho_o + C_T\rho_T \quad (2)$$

Обозначения в формуле те же, что и в формуле (1).

В таблице 2 приведены результаты расчетов по формулам (1) и (2)) параметров C_T и ρ_c для селеформирующих отложений различных стратиграфо-генетических комплексов. При этом значение $tg\alpha$ принимаем равным среднему уклону селевого очага Аксай - 0,27. Содержание пылеватых и глинистых частиц, а также угол внутреннего трения φ отложений различных генетических типов приведены в таблице как средние значения

результатов анализов проб, взятых из селеформирующих отложений горных долин Северного Тянь-Шаня.

Таблица 1

№ п/п	Стратиграфо-генетический комплекс	Число проб	Среднее содержание пылеватых и глинистых частиц, %	Среднее значение угла внутреннего трения, град.	Возможная концентрация селевых потоков	Плотность селевых потоков, г/см ³
1	2	3	4	5	6	7
1	аллювий Q _{IV}	30	4.7	34	0.41	1.68
2	аллювий Q _{III}	30	8.9	29	0.58	1.96
3	аллюво-пролювий Q _{IV}	36	5.8	32	0.47	1.78
4	аллюво-пролювий Q _{III}	30	4.6	34	0.41	1.68
5	коллювий Q _{IV}	50	6.9	30	0.53	1.87
6	делювий Q _{IV}	38	5.8	32	0.47	1.78
7	гляциальный Q _{IV}	60	9.4	28	0.63	2.04
8	гляциальный Q _{III}	30	24.1	24	0.91	2.50
9	гляциальный Q _{II}	30	23.9	24	0.91	2.50
10	коллювиально-гляциальный Q _{IV}	30	8.5	29	0.58	1.96
11	пролювиальный Q _{III-IV}	30	15.8	25	0.82	2.35

Значения селеформирующих параметров, приведенные в таблице 2, весьма наглядно свидетельствуют, что селевые потоки высокой, почти предельной, плотности (2,50 г/см³) образуются при размыве гляциальных отложений средне-верхнечетвертичного возраста. Содержание пылеватых и глинистых частиц в составе их мелкозема превышает 20%. Менее активную роль в селеформировании играют современные гляциальные и пролювиальные отложения (2,04-2,35 г/см³). Еще менее активны коллювиально-гляциальные и верхне-четвертичные аллювиальные отложения. По активности к ним приближаются коллювиальные отложения (1,87-1,96 г/см³). Наконец, наименее селеактивными являются аллювиально-пролювиальные, современные аллювиальные и делювиальные отложения. Плотность селевой суспензии при размыве этих отложений составит всего 1,68-1.78 г/см³.

В соответствии с положением «Руководства селестоковыми станциями и гидрографическими партиями» (1990) горные паводковые потоки по своей плотности разделяются на следующие типы: 1) наносоводные - плотностью от 1100 кг/м³ до 1400 кг/м³; 2) грязевые - плотностью от 1.4 до 1.8 кг/дм³; 3) грязекаменные – плотностью от 1.8 до 2.5 кг/дм³.

Как видно из таблицы 2 грязекаменные потоки могут образоваться в тех долинах, где есть отложения гляциальных комплексов. Пролувиальные отложения также способны формировать селевые потоки плотностью более 2 кг/дм³, но эти пролювиальные отложения представляют собой переотложенные гляциальные комплексы.

Таким образом, по степени селеформирующей активности рыхлообломочных отложений, горные и предгорные долины разделяются на три группы:

- 1) долины, в которых возможно формирование всех трех типов селевых потоков. Это горные долины с современным оледенением, или останцами древнего оледенения, с мощной толщей моренных отложений в верховьях. Это крупные горные долины первого и второго порядка. Причиной формирования селевых потоков здесь могут быть прорывы горных озер и внутриледниковых емкостей, а также ливневые дожди с дополнительным увлажнением селеформирующих отложений талыми снеговыми водами;
- 2) долины, в которых могут формироваться потоки первого и второго типов. Это горные долины третьего и четвертого порядков со следами древнего оледенения в верховьях. В эту же группу долин входят некоторые предгорные долины, в верховьях которых залегает мощная толща грубообломочных отложений шарпылдакской свиты. Как уже было выше сказано литологический состав отложений этой свиты способствует формированию селевых потоков второго типа. Причиной формирования селевых потоков в этих долинах являются ливневые дожди и дополнительное увлажнение отложений талыми снеговыми водами;
- 3) долины, в которых формируются только наносоводные потоки. Это предгорные долины, борта и днище которых выполнены палеоген-неогеновыми заглинизированными отложениями. Большое содержание глинистых частиц в их составе препятствует формированию селевых потоков большой плотности. Под действием ливневых дождей заглинизированные отложения легко размываются, образуя наносоводные потоки.

Литература

1. Виноградов Ю. Б. Этюды о селевых потоках. Л. Гидрометеиздат. 1980. - 144 с.
2. Герасимов Ю. В., Диких А. Н. Особенности эрозионной деятельности гляциальных селей в областях с развитыми древнеморенными отложениями. В сб. «Динамика и режим современного и древнего оледенения Тянь-Шаня». – Фрунзе: Илим, 1977. С. 131-139.
3. Ерохин С. А. Отчет о результатах работ по инженерно-геологическому изучению плотин высокогорных селеопасных озер Киргизии в 1988-1992 гг. Фонды Госгеолагентства КР. – Б., 1992. – 289 с.
4. Ерохин С. А. Инженерно-геологическое изучение плотин (моренно-ледниковых комплексов) высокогорных селеопасных озер, селевых очагов и селеопасных горных долин Киргизии. Отчет по работам 1991-2000 гг. Фонды Госгеолагентства КР. – Б., 2000. – 131+151 с.
5. Ерохин С. А., Диких А. Н. Оценка опасности действия селевых и паводковых потоков на территории Ала-Арчинского национального парка. Известия национальной Академии наук Кыргызской Республики.
6. Крошкин А. Н. Условия образования и некоторые расчетные характеристики селя на р. Ала-Арча. Тр. ИЭиВХ Киргиз. ССР, вып. 5 (VIII), Фрунзе, 1959.
7. СП КР 22-102:2001. Порядок определения зон паводкового и селевого поражения при прорывах горных озер на территории Кыргызской Республики.

8.Степанов Б. С. Транспортно-сдвиговый и сдвигово-эрозионный селевой процессы. Селевые потоки. Сб.9. Гидрометеоиздат, М., 1985, с. 3-16.