

ГИДРОГЕОЛОГИЯ ИЛИМДЕРИ
ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ
HYDROGEOLOGICAL SCIENCES

DOI:10.26104/NNTIK.2023.48.19.014

Ерохин С.А., Чонтоев Д.Т., Загинаев В.В., Тузова Т.В.,

БООМ КАПЧЫГАЙЫНДАГЫ СЕЛ АГЫМЫ

Ерохин С.А., Чонтоев Д.Т., Загинаев В.В., Тузова Т.В.,

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ БООМСКОГО УЩЕЛЬЯ

S. Erokhin, D. Chontoev, V. Zaginaev, T. Tuzova

MUDFLOWS OF THE BOOM GORGE

УДК: 634.131.1

Макалада аймактын инженердик-гидрогеологиялык абалын деталдуу талдоонун негизинде Боом капчыгайындагы потенциалдуу сел коркунучуна сандык баа берилет. Байыркы Көлдү - чоң Ысык-Көлдү бошотууда пайда болгон жырып кетүүчү агымдардын эрозиялык активдүүлүгүнөн улам, Боом капчыгайындагы бардык каптал өрөөндөр негизги өрөөнгө карата "токтотулган" калган. Бул алардын эңкейишинин олуттуу көбөйүшүнө жана сел процесстеринин кескин активдешүүсүнө алып келген. Боом капчыгайынын тик каптал өрөөндөрүндө, нөшөрлөп жасаган жамгырдан кийин, чоң көлөмдөгү жамгыр суусу өрөөндөрдү аралап, бортоң таштанды материал менен каныккан жана сел агымына айланат. Ошентип, каптал өрөөндөр жана сай селеботориге айланат. Аларды түзүүчү породадардын курамына жараша селеботоралар эки топко бөлүнөт: тыгыздыгы төмөн сел агымдарын түзүүчү палеоген-неогендин жарым-жартылай конттуу детриттүү породаларынан (1,1-1,4 г/см³); палеозойдун аскалуу тектеринин селдери аба ырайы менен катуу эрозияга учурап, жогорку тыгыздыктагы селдерди жыйноо түзөт (1,4-2,5 г/см³). Сел агымынын модулуна селдерди жыйноо янтынан көз карандылыгы Боом капчыгайы үчүн өткөн селдин мурда катталган чыгымдарынын негизинде алынган. Боом капчыгайынын селдерди жыйноо аянты жана чыгымдары боюнча 5 топко бөлүнүп, авто жана темир жол баиталып, Чүй дарыясынын нугун тосуу мүмкүнчүлүгү пайда болду. аймагынын көлөмүнө, чыгымдарына, автомобиль жана темир жолдордун тосулу калуу ыктымалдыгына жана Чу дарыясынын нугун тосуу мүмкүнчүлүгүнө жараша 5 топко бөлүнөт.

Негизги сөздөр: чоң Ысык-Көл, эрозия, сел, Боом капчыгайы, селдин классификациясы.

В статье приведена количественная оценка потенциальной селевой опасности Боомского ущелья на основе детального анализа инженерно-гидрогеологической обстановки региона. Благодаря эрозионной деятельности прорывных потоков, сформированных при опорожнении древнего озера - Пра-Иссык-Куля, все боковые долины в Боомском ущелье оказались «повешены» относительно главной долины, что привело к значительному увеличению их уклона и резкой активизации селевых процессов. В крутых боковых долинах Боомского ущелья после ливней большие объемы дождевой воды стекают по долинам в виде бурных потоков, которые насыщаются рыхло-обломочным материалом и трансформируются в селевые потоки. Боковые долины и сай превращаются таким образом в селеборы. В зависимости от состава слагающих их горных

пород селеборы разделяются на две группы: селеборы из полускальных заглинизированных пород палеоген-неогено, формирующие селевые потоки невысокой плотности (1,1-1,4 г/см³); селеборы из скальных сильно разрушенных выветриванием пород палеозоя, формирующие селевые потоки высокой плотности (1,4-2,5 г/см³). Через зафиксированные ранее расходы прошлых селевых потоков для Боомского ущелья выведена зависимость модуля селевого стока от площади селеборов. Селеборы Боомского ущелья разделены на 5 групп по величинам их площади и расходов, вероятности завала авто- и железной дороги, и возможности перекрытия русла реки Чу.

Ключевые слова: Пра-Иссык-Куль, эрозия, селевые потоки, селеборы, Боомское ущелье, классификация селеборов.

The article provides a quantitative assessment of the potential mudflow hazard of the Boom Gorge based on a detailed analysis of the engineering and hydrogeological situation of the region. Due to the erosive activity of the outbursting flows formed during the outburst of the ancient lake - the Ancient Issyk-Kul Lake, all the side valleys in the Boom Gorge were "suspended" relative to the main valley, which led to a significant increase in their slope and a big activation of mudflow processes. In the steep side valleys of the Boom Gorge are collected large volumes of rainwater, after heavy intensive rains, which flows down the valleys in the form of flash floods, is saturated with loose detrital material and is transformed into debris flows. Side valleys turn into debris flow accumulative zones. Depending on the composition of the rocks composing them, debris flow accumulative zones are divided into two groups: zones consisting of semi-horizontal clay rocks of Paleogene-Neogene age form mudflows of low density (1.1-1.4 g/cm³); zones consisting of Paleozoic age rocks, strongly eroded by weathering, form debris flows of high density (1.4-2.5 g/cm³). Through the previously recorded expenditures of known past mudflows, the dependence of the mudflow module on the area of the debris flow accumulative zones for the Boom Gorge was derived. All debris flow accumulative zones of the Boom Gorge can be divided into five groups according to the size of the debris flow accumulative zones area, the value of their flow rates, the probability of loose detrital with mud-stone material of the highway and railway, and the possibility of partial or complete blocking of the Chu river.

Key words: Ancient Issyk-Kul, erosion, Boom gorge, debris flow, debris flow accumulation zone, classification of debris flow accumulation zone.

Введение. Боомское ущелье пересекает два хребта: западное окончание хребта Кунгей-Алатоо и

юго-западное окончание Таса-Кеминского хребта, которое называется здесь Терек-Джоку или горы Окторкой (рис. 1). Между хребтами протягивается с северо-

востока на юго-запад Сулутерек-Кокджарсуйская впадина, выполненная красноцветными отложениями киргизской свиты палеоген-неогена.



Рис. 1. Местоположение Боомского ущелья.

Образование Боомсакого ущелья. Большинство геологов и географов, занимающихся проблемами озера Иссык-Куль: П.П. Семенов-Тянь-Шаньский, 1948; С.Берг, 1904; В.П. Семенов-Тянь-Шанский, 1913; Б.А. Федорович, 1935; В. Шумов, 1932; И.П. Герасимов, 1953; Л.Г. Бондарев, 1958; Ш. Токомбаев, 1969 и др. [1-11] пришли к одному выводу: ущелье Боома образовалось благодаря эрозионной деятельности прорывных потоков, сформированных при опорожнении древнего озера - Пра-Иссык-Куля. В представлении о механизме этого процесса однозначности нет. Нет определенности и в ответе на вопрос: когда начался перелив воды из оз. Иссык-Куль, или из Боомского озера, существовавшего в Кок-Мойнок-

ской впадине (ныне урочище Капчигай) (рис. 2) и соединявшегося с оз. Иссык-Куль проливом. По бортам Кок-Мойнокской впадины сохранились глинистые отложения, образовавшиеся на днище Боомского озера (рис. 3).

Достаточно точно определено место так называемой «плотинной перемычки», с размыва которой начался переток воды из Иссык-Кульской впадины в Пра-Кеминскую впадину. Перемычка находилась на правом борту сая Кара-Джилга (рис. 4) между двумя крупными водными бассейнами Северного Тянь-Шаня: Иссык-Кульского, в который входила впадина Кок-Мойнок, и Пра-Кеминского (в настоящее время Чуйская впадина).



Рис. 2. Береговая линия Боомского озера (обозначена пунктиром), заполнявшего Кокмайноцкую впадину до образования Боомского ущелья.



Рис. 3. Хорошо сохранившиеся глинистые отложения по бортам Кок-Мойнокской впадины, образовавшиеся на днище Боомского озера.



Рис. 4. Место прорыва древнего озера Иссык-Куль через проран (красная стрелка) в правом борту сая Каражилга (синяя стрелка) с образованием Боомского ущелья.

Главной водной артерией Пра-Кеминской впадины была р. Чон-Кемин с левым боковым рекой Коморчек. В нижней части долины этой реки ей правый борт расчленил небольшой сухой сай, верховья которого замыкались «плотинной перемычкой». Этот сай получил название «Прорывного». После наполнения Боомского озера выше гребня «плотинной перемычки», начался перелив его воды по «Прорывному саю» в долину реки Коморчек (рис. 5).

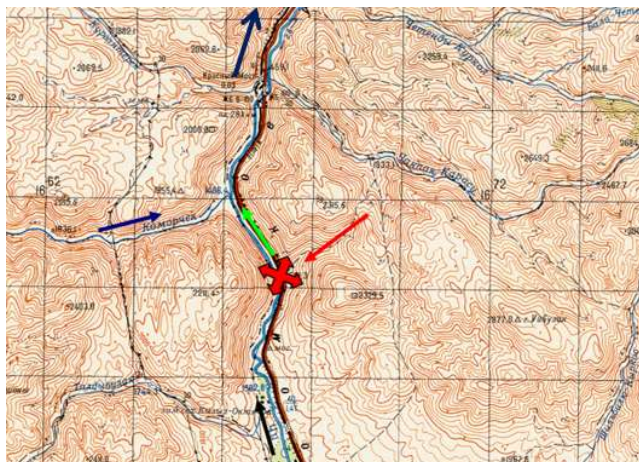


Рис. 5. «Плотинная перемычка» (косой крест) на правом борту сая Каражилга (красная стрелка), в верховьях «Прорывного» сая, расчлняющего правый борт долины реки Коморчек (фиолетовая стрелка). Из «Прорывного» сая образовалось ущелье прорыва (зеленая стрелка). Черной стрелкой показано направление течения р. Чу.

Не исключен вариант некоторой просадки перемычки после сейсмолчка и последующего катастрофического сброса части воды из Боомского озера. Однако подобный перелив не мог быть значительным, так как следов мощного водного потока на бортах Боомского ущелья не наблюдается. Вероятнее всего перелив был постепенным с медленным углублением прорана стока в теле перемычки. Тело перемычки сложено вулканогенными образованиями. Это преимущественно лавы основного состава. Породы эти

сильно раздроблены и сравнительно легко поддаются эрозии.

Под действием эрозии потоков перелива происходило активное углубление прорана в теле плотинной перемычки, что обуславливало увеличение стока воды из Боомского озера и Пра-Иссык-Куля. Большие потоки воды активизировали разработку «Прорывного» сая в глубокую эрозионную долину, с V-образным поперечным профилем, крутыми бортами, скальными в верхней части и осыпными в нижней (рис. 6).



Рис. 6. Ущелье прорыва (Прорывной сай), с которого началось образование Боомского ущелья

Селевая активность региона. Перелив воды из Боомского озера обусловил углубление не только Прорывного сая, но и всей долины р. Коморчек от устья «Прорывного» сая до места слияния с р. Чон-Кемин. Эта часть долины превратилась в долину реки Чу. Произошло углубление днища долины и превращение её в ущелье с крутыми высокими бортами, в котором все боковые долины оказались «подвешены» относительно главной долины, т.е. боковые долины в своих устьях обрывались к днищу главной долины уступами, так называемыми «уступами подвеса». Такие

уступы способствуют значительному увеличению их уклона в процессе развития боковых долин, особенно в их нижних частях, что в свою очередь резко активизирует развитие селевых процессов.

По всему Боомскому ущелью широко распространены следы древних селевых потоков, хорошо сохранившиеся в устьях многих ущелий и на конусах выноса. Селевые потоки р. Коморчек не только сформировали обширный конус выноса, но перекрывали временными плотинами р. Чу даже в недавнее время. Так, мощный паводок наблюдался по р. Коморчек

06.08.1960 г. после интенсивного (более 1 мм/мин) ливня. Паводок трансформировался в селевой поток, который несколько часов выносил в р. Чу обломочный материал. В режиме его действия прослеживалось 7 волн. Расход потока достигал $60 \text{ м}^3/\text{сек}$, а скорость превышала 3 м/сек (данные Кыргызгидромета).

Мощные селевые потоки проходили по р. Коморчек также 27.07.1968 г. и 09.06.1972 г. Интенсивные ливневые дожди обусловили резкое увеличение расхода реки и ее мутность. Цвет воды стал красновато-бурым. Произошло затопление поймы и береговых участков в устьевой части реки. Ущерб этот поток не причинил, так как в этом районе нет хозяйственных объектов.

Запруды, аналогичные коморчекской, неоднократно перекрывали в прошлом р. Чу в устье долины р. Кургактерек. Обширные площади бассейна этой реки выполнены красноцветными отложениями киргизской свиты палеоген-неогена (рис. 7), которые легко насыщают временно действующие водотоки грязекаменным материалом. Еще Б.А. Федорович [10] отмечал наличие красноцветных отложений на правом берегу р. Чу против устья р. Кургактерек, свидетельствующих о подобных запрудах. Менее мощные селевые потоки фиксировались Кыргызгидрометом в конце июля 1960 г. (расход $43,8 \text{ м}^3/\text{сек}$); в июне 1966 г., и 9 июня 1972 г. Эти потоки, хотя и не перекрывали р. Чу, однако причинили значительный ущерб.



Рис. 7. Обширные площади бассейна реки Кургактерек выполнены красноцветными отложениями киргизской свиты палеоген-неогена

Для предотвращения разрушительного действия селевых потоков, подобных селю 1972 г., в нижней части долины Кургактерек была сооружена мощная плотина с селесбросным каналом (рис. 8). До

настоящего времени эти сооружения надежно защищают авто-и железную дорогу от селевых завалов. Однако были моменты, когда селехранилище было на грани разрушения.

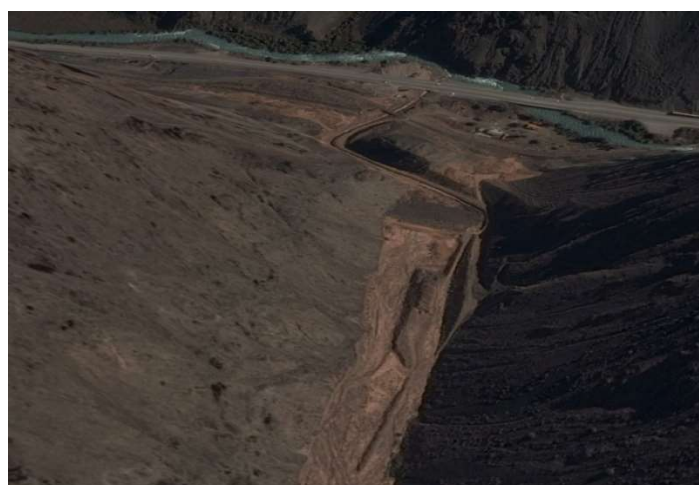


Рис. 8. Селехранилище и селесбросной канал в устье сая Кургактерек.

Так, 14-15.06.1999 г. и 30.06.2022 г. в результате ливневого дождя в долине р. Кургактерек сформировались мощные селевые потоки, которые не вместились в сечение водосбросного канала и выплеснулись за его пределы.

Еще одна крупная боковая долина по левому борту Боомского ущелья, селевые потоки которой раньше угрожали авто - и железной дороге – это долина Сулутерек. В её строении значительную роль играют красноцветные отложения киргизской свиты,

активно способствующие формированию селевых потоков. Расходы таких потоков достигают 23-25 м/сек. Авто-и железную дорогу от этих потоков защищают две плотины, с селесбросами в виде тоннелей, пропускным сечением 8-10 м², что достаточно для сброса селевых потоков в р. Чу без разрушения авто- и железной дорог. Однако селевые потоки разрушают входные и выходные прораны этих тоннелей (рис. 9), что требует постоянного их ремонта.



Рис. 9. Селесбросные туннели под полотном авто-и железной дороги.

Весьма опасными бывают селевые потоки из боковой долины Кыз-Куйе. Это обусловлено недостаточной пропускной способностью селесбросных каналов под железной и автодорогой, и высокой плотностью селевых потоков, забивающих селесбросы. Так произошло 14-15.06.1999 г. и 30.07.2022 г., когда на внешнем склоне железнодорожной насыпи образовались глубокие промоины глубиной до 4 м (рис.10).



Рис. 10. Промоины на внешнем склоне железнодорожной насыпи, образованные после селевого потока 30.07. 2022 г.

26 и 30.07.2022 г. после интенсивных локальных ливневых осадков в боковых саях центральной части Боомского ущелья образовались мощные селевые потоки, которые завалили селевым грязекаменным материалом железнодорожные пути и автомобильную дорогу. Были размыты и занесены грязе-валунно-галечным материалом участки железной дороги Бишкек-Балыкчы и автомобильной дороги Бишкек-Торугарт почти во всех боковых долинах от сая «Петля» до

сая «Кургак-Терек». В результате прохождения потоков было остановлено движение железнодорожного и автомобильного транспорта.

Подобные селевые процессы происходили и в июле 2016 года, когда все боковые сая по правому борту долины р. Чу в пределах Кокмайнокской впадины, выплеснули на автодорогу десятки тысячи кубометров водно-грязевой массы. Первая волна активности наблюдалась 1-го июля, вторая 18-го июля 2016

года. Причиной формирования селевых потоков явились ливни высокой интенсивности. При этом максимальной мощности потоки достигали на участке 145-

154 км автодороги, где наблюдались наиболее протяженные участки затопления дорожного полотна (рис. 11).



Рис. 11. Затопление дорожного полотна на 150,7-150,9 км дорожного полотна 18.07.2016 г.

Процесс селеформирования в Боомском ущелье обуславливают ливневые дожди интенсивностью не менее 1 мм/мин. Если же выпадает большое количество осадков, но в течении длительного времени, то селевые потоки не образуются. Пик максимума выпадения осадков не совпадает с пиком максимума ливневых дождей, вызывающих селевые потоки. По нашим наблюдениям в первом случае это май, во втором – июль.

Селевые потоки формируются в боковых долинах и саях Боомского ущелья за счет сбора и сосредоточения в них больших объемов дождевой воды, которая не успевает фильтроваться в осадочные отложения, слагающие днища и борта этих долин и саев, и стекает по ним вниз в виде бурных дождевых потоков. Последние в процессе своего движения насыщаются рыхлообломочным материалом и трансформируются в селевые потоки. Долины и саи, в которых могут формироваться селевые потоки, превращаются в селеборы.

При обследовании ущелья между 114 и 156 км автодороги Бишкек-Торугарт было выделено 122 селебора, угрожающих авто-и железной дороге в той или иной мере. Степень угрозы каждого селебора оценивалась категориями опасности по трёхбалльной шкале. Самыми опасными являются действующие селеборы, уже подготовленные в своем развитии к селеформированию. Они оценивались первой категорией. Всего таких селеборов выделено 30. Большая их часть сосредоточена в интервале автодороги между 147 и 155км (17 из 30). На пути этих селевых потоков почти нет никакой защиты для автодороги. Защитные меры от угрозы их действия должны быть приняты незамедлительно.

Очень близко в своем развитии к стадии действия подошли селеборы второй категории, их 49. Они распределены в Боомском ущелье довольно равномерно, их опасное действие на многих участках ограничено защитными сооружениями: селехранилищами, защитными стенками или насыпями.

На разных стадиях развития находятся селевые очаги 3-ей категории. Некоторые из них активно действующие, некоторые уже перешли в спокойный режим развития или еще не находятся на этапе подготовки к активным действиям. Их всех объединяет то, что на пути движения их селевых потоков устроены защитные сооружения, предохраняющие автодорогу от завалов и разрушения. Их 45, они расположены в основном в северной части Боомского ущелья, в интервале 114-140 км автодороги Бишкек-Торугарт.

По результатам наших обследований селевых и паводковых потоков установлено следующее:

- селевые потоки высокой плотности (1,3-2,0 м³/сек) образуются в селеборах, выполненных грубообломочными отложениями с незначительным содержанием (до 20%) мелкозема (песок, алевритовые и глинистые частицы), в которых содержание пылеватых и глинистых частиц не превышает 10%. Коэффициент фильтрации таких отложений изменяется от 0,1 до 2-3 м/сут.;

- отложения с высоким (20-40% и более) содержанием мелкозема формируют мутные грязевые потоки. Количество пылеватых и глинистых частиц в них превышает 10%. Коэффициент фильтрации таких отложений не более 0,1 м/сут, а плотность 1,1-1,2 г/см³.

Селеформированию больше подвержены слабопроницаемые отложения, способные насыщаться

подземными водами. Напротив, более водоупорные отложения, не способные впитывать и пропускать через себя подземные воды, не расположены к селеформированию. В Боомском ущелье к первой группе пород относятся все раздробленные скальные породы протерозоя и палеозоя и рыхлообломочные отложения четвертичного периода. К относительно водоупорным, слабо селеформирующим грунтам относятся красноцветные слабосцементированные отложения палеоген-неогена и продукты их разрушения.

В зависимости от состава слагающих их горных

пород и по установленной нами плотности селесборов их можно разделить на две группы:

– Селесборы, состоящие в основном из полускальных заглинизированных пород палеоген-неогенового возраста. Они формируют селевые потоки невысокой плотности 1,1-1,4 г/см³. Для отличия от селевых потоков высокой плотности их называют наносоводными. Типичными представителями селесборов этой группы являются долины Сулутерек, Кургактерек, сай «Петля» (рис. 12, селесборы: 3, 4, 9).

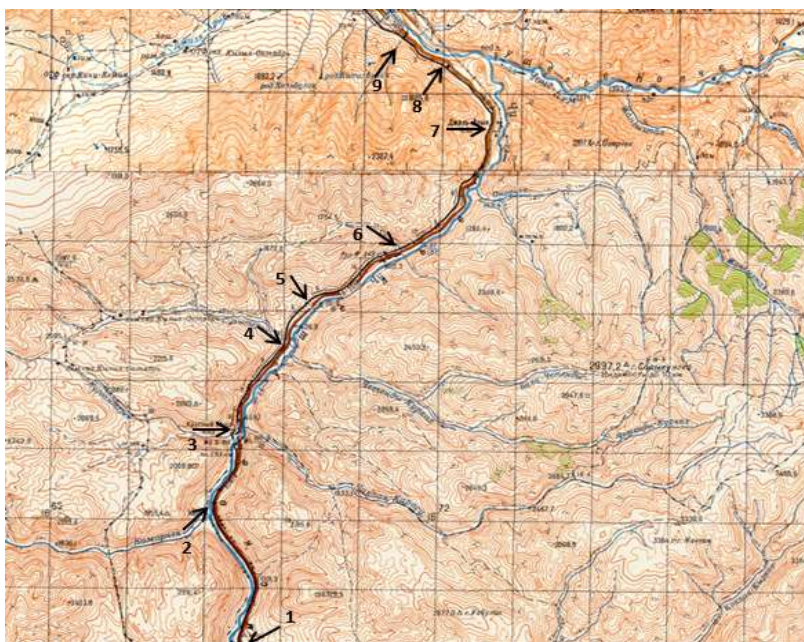


Рис. 12. Селесборы, формирующие селевые потоки разной плотности.

– Селесборы, состоящие из скальных, сильно разрушенных выветриванием пород палеозойского возраста, формируют селевые потоки высокой плотности 1,4-2,5 г/см³. Типичными представителями селесборов этой группы являются долины Кыз-Куйе, Джиль-Арык, Сай 42. (рис. 12, селесборы – 5-7). Продукты выветривания скальных пород скапливаются в виде навалов крупнообломочного несцементированного материала на склонах бортов и днищах долин и саев. Эти скопления рыхлообломочных отложений принимают активное участие в формировании селевых потоков высокой плотности (выше 2 г/см³), грязекаменных по составу. Наиболее крупнообломочной фракцией этих отложений (валунно-галечно-глыбовой) выполнено русло р. Чу. Русловая отмостка из таких крупных обломков препятствует глубинной эрозии, поэтому в Боомском ущелье в настоящее время

значительно больше развита боковая эрозия, при которой размываются берега русел, выполненных более мелким гравийно-галечным материалом.

Оценка расходов селевых потоков. Для определения максимально возможных расходов селевых потоков в Боомском ущелье было использовано два метода:

– общепринятый - через слой стока за пологом и трансформацию водных потоков в селевые. Он показал свою полную несостоятельность: рассчитанные расходы селевых потоков по ряду селесборов не соответствовали фактически наблюдаемым;

– статистический, по которому через замеренные ранее известные расходы селевых потоков (табл. 1) была выведена зависимость модуля селевого стока от площади селесборов для Боомского ущелья.

Таблица 1

Характеристики селевых потоков (данным Кыргызгидромета и Госагентства по геологии КР)

№ п/п	Название селесбора	Площадь селесбора, км ²	Дата прохождения селевого потока	Расход селевого потока, м ³ /сек	Модуль селевого стока, м ³ /сек*км ²
1.	Кара-Жилга	5,6	июль 1960	14,3	2,55
2.	Кургактерек	26,0	июль 1960	43,8	1,68
3.	Кургактерек	26,0	15 июня 1999	39,7	1,53
4.	Сулутерек	24,7	15 июня 1999	42,7	1,73
5.	Кыз-Куйе	8,9	15 июня 1999	20,5	2,30
6.	Кыз-Куйе	8,9	30 июля 2022	23,5	2,64
7.	Кок-Мойнок (в урочище Капчигай)	7,8	20 июня 1967	18,4	2,36
8.	Сай	1,3	июль 1999	6,0	4,62
9.	Джил-Арык	1,2	1 июня 1978	5,5	4,58
10.	Сай 38	0,43	15 июня 1999	3	6,98
11.	Сай «Петля»	3,85	июнь 1999	10,9	1,82
12.	Сай «Петля»	3,85	24 июня 2022	11,4	1,97
13.	Сай 4	0,75	24 июня 2022	5,5	7,33

По данным таблицы 1 построен график зависимости модуля селевого стока от площади селесборов (рис. 13). Он представляет собой показательную функцию

$$M_c = 5,234F^{-0,36}, \quad (1)$$

где M_c - модуль селевого стока; F - площадь селесбора.

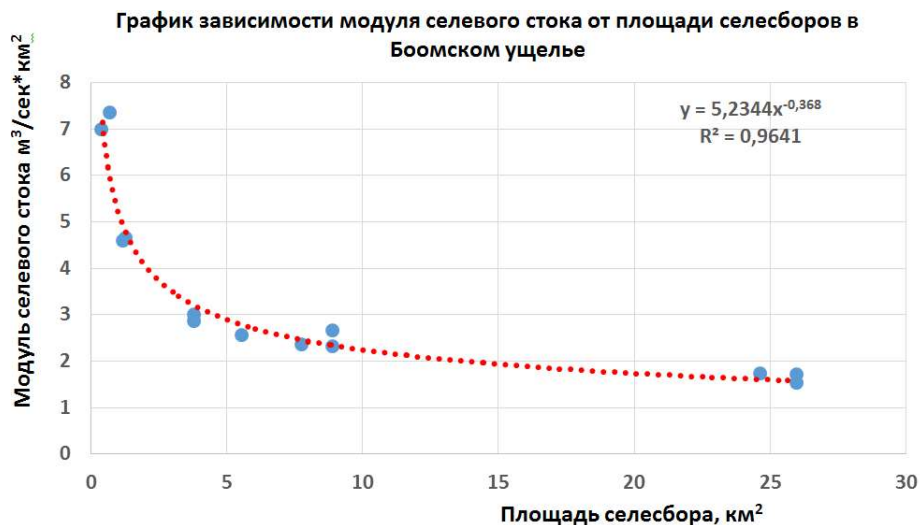


Рис. 13. Зависимость модуля селевого стока от площади селесборов в Боомском ущелье.

По площади селесборов и значению модуля селевого стока можно рассчитать расход селевого потока любого селесбора в Боомском ущелье, что позволит разработать эффективные меры защиты от селевой опасности.

Оценка селевой опасности. Опасность каждого селесбора для авто-и железной дороги оценивается по следующим параметрам: ширина зоны поражения, объем и состав селевых выносов. Самым главным критерием, определяющим все эти параметры, является расход селевого потока $-Q$. От величины Q

зависит возможность частичного или полного перекрытия русла реки Чу временной плотиной. Историческая статистика катастрофических селевых проявлений в Боомском ущелье базировалась на факторе перекрытия реки Чу. С позиций этого фактора все селесборы Боомского ущелья можно разделить на ряд групп по площади селесборов, значению их расходов и возможности частичного или полного перекрытия русла реки Чу.

В 1-ую группу входит лишь один селесбор – долина реки Коморчек. Его площадь составляет 396

км², средняя высота 2950 м. Условия селеформирования в этом огромном селеборе имеют свои особенности, которые не отвечают закономерности, представленной на графике зависимости модуля селевого стока от площади селебора (рис. 15). Максимальный срочный расход селевого потока, зарегистрированный 06.08.1960 г. достигал 59,2 м³/сек. Вероятно, в этом селеборе возможны расходы до 70 м³/сек, а объемы селевых выносов могут достигать 200-300 тыс. м³. При таких расходах потоков и объемах селе-

вых выносов обычным является частичное или полное перекрытие русла р. Чу временной плотной, как это уже происходило в 1960, 1968 и 1972 гг.

Во 2-ую группу входят селеборы Боомского ущелья, площадь которых превышает 20км² (табл.2). Максимально возможные расходы селевых потоков в селеборах этой группы составляют 38-49м³/сек (по фактическим замерам и расчетам по формуле (1)). Объемы селевых выносов для них достигают 76-133 тыс. м³.

Таблица 2

Характеристика селеборов 2-й группы

Название селебора	Площадь селебора, км ²	Средняя высота селебора, м	Возможный расход селевых потоков, м ³ /сек
Чокпак-Карасу	34,4	2100	49
Четынды-Куркол	27,2	2400	42
Кургактерек	26,0	2040	44
Сулутерек	24,7	2015	43
Онорчек	23,2	2200	38

Селевые потоки из этих селеборов имеют мощность, достаточную для полного перекрытия русла р.Чу. Поэтому они представляют потенциальную опасность для хозяйственных объектов и коммуникаций в Боомском ущелье.

Третья группа состоит из селеборов площадью 3-10 км². Замеренные расходы из селеборов этой группы составляли по саю Кара-Жилга – 14,3 м³/сек (в июле 1960 г.), по саю Кыз-Куйе – 20,5 м³/сек (30

июля 2022 г.). Максимальные рассчитанные расходы селевых потоков из селеборов 3-ей группы достигают 21,2 м³/сек (табл.3). Объемы селевых выносов составляют 11 - 38 тыс. м³. При таких расходах селевые потоки селеборов 3-ей группы не могут перекрыть русло реки Чу, однако могут существенно увеличить её расход, что опасно для прибрежного населения вдоль реки Чу.

Таблица 3

Характеристика селеборов 3-й группы

Название селебора	Площадь селебора, км ²	Средняя высота селебора, м	Возможный расход селевых потоков, м ³ /сек
Сай «Петля»	3,85	1860	6,4
Кара-Жилга	5,60	2160	15,8
Кызкуйе	8,94	2040	21,2

К четвертой группе относятся селеборы боковых саев Боомского ущелья площадью 1-2 км² (табл.4). Максимально возможные расходы селевых потоков из селеборов этой группы составляют 5,9-8,0 м³/сек. От них исходит угроза разрушения полотна авто-или железной дороги и завал его селевым обломочным материалом объемом 3,8-7,6 тыс. м³.

Таблица 4

Характеристика селеборов 4-й группы

Название селебора	Площадь селебора, км ²	Средняя высота селебора, м	Возможный расход селевых потоков, м ³ /сек
Сай Джильарык	1,21	1720	5,9
Сай 12	1,74	1880	7,5
Сай 42	1,31	1760	6,2
Сай 51	1,96	2000	8
Сай 54 ^a	1,34	2160	6,3

Пятая группа состоит из малых селесборов, площадью менее 1 км². Из этих селесборов особый интерес вызывают те, которые угрожают селевым завалом полотну автодороги и железной дороги. Максимальные расходы селевых потоков из селесборов этой группы изменяются от 1,1 до 5,2 м³/сек. Объемы селевых выносов могут составлять от 0,1 до 3, 8 тыс. м³.

Заключение. Угроза каждого малого селевого потока для полотна дороги незначительна, но она возрастает во много раз из-за опасности поражения проходящего транспорта: автомобильного и железнодорожного. Даже небольшой микросель, перекрывший полотно автодороги, может вызвать крушение поезда и гибель людей. Опасность таких ситуаций возрастает из-за многочисленности малых селесборов.

Для защиты от негативного действия селевых и наносоводных потоков в Боомском ущелье свою рациональность и эффективность показали селехранилища типа Кургактерекского, менее эффективны защитные стенки и селесбросные каналы, так как они быстро заваливаются обломочным материалом и теряют свои защитные качества. Поэтому рекомендации на данном этапе исследований могут быть сведены к одному положению: строительство селехранилищ с водосбросами высокой пропускной способности.

Литература:

1. Берг Л.С. Озеро Иссык-Куль. «Землеведение», 1904 г.
2. Бондарев Л.Г. Еще раз о «палеогеографической загадке Иссык-Куля». Тр. Отд. географ. АН Киргизской ССР, вып. 1, 1958 г.
3. Герасимов И.П. Палеогеографическая загадка Иссык-Куля. Сборник «Географические исследования в Центральном Тянь-Шане». - М., 1953.
4. Ерохин С.А., Диких А.Н. Оценка опасности действия селевых и паводковых потоков на территории Ала-Арчинского национального парка. Известия НАН КР. - Вып. 4. 2003. - С. 130-139.
5. Семенов-Тянь-Шанский В.П. Россия. Полное географическое описание. Туркестанский край. С.-Петербург, Издание А.Ф. Девриена, 1913. - 861с.
6. Семенов-Тянь-Шанский П.П. Путешествие в Тянь-Шань. - М.: Госиз. Географической литературы, 1948. - 380 с.
7. Северцев Н.А. Путешествие по Туркестанскому краю и исследование горной страны Тянь-Шаня, т.1, Спб., 1873.
8. Токомбаев Ш. Геоморфология Чон-Кемин-Боомского района Северного Тянь-Шаня. - Фрунзе, Илим, 1969.
9. Федорович Б.А. О геотектонике и морфологии верховьев реки Чу в связи с проектом ирригационного и энергетического строительства. Тр. конф. по изучению производительных сил Киргиз. АССР. - Л.: Изд. АН СССР, 1934.
10. Федорович Б.А. Верховья реки Чу. Материалы по геологии и геохимии Тянь-Шаня. Ч 4. - Л.-М.: Изд. СОПС АН СССР, 1935.
11. Шумов В.В. Геологические исследования четвертичных отложений по южному и западному побережью озера Иссык-Куль. // Труды Всесоюзного геолого-разведочного объединения. - Вып. 225. - М.-Л., 1932.
12. Сатылканов Р.А., Маматканов Д.М., Чонтоев Д.Т. Связь уровня озера Иссык-Куль с его испаряемостью и влажностью воздуха. / Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2019. №. 4. С. 65-74.