

УДК 556.011:627.141.1:551.311.21

**МЕХАНИЗМЫ, ПРИВОДЯЩИЕ К ФОРМИРОВАНИЮ СЕЛЕЙ
ДОЖДЕВОГО ГЕНЕЗИСА В ВЫСОКОГОРНОЙ ЗОНЕ
ЗАИЛИЙСКОГО АЛАТАУ**

Доктор геогр. наук

Б.С. Степанов

А.Х. Хайдаров

Канд. геогр. наук

Р.К. Яфязова

Описаны механизмы, приводящие к селеобразованию в стартовых зонах очагов селей дождевого генезиса. Понимание этих механизмов позволяет разработать эффективные методы борьбы с зарождением селевых потоков или существенного уменьшения их характеристик.

Известно, что необходимым условием возникновения катастрофических селей дождевого генезиса в Заилийском Алатау является выпадение интенсивных и продолжительных осадков в высокогорной зоне в жидком виде. Выпадение таких осадков возможно лишь на фоне высокой температуры воздуха. Из классификации селевых очагов, показанной в таблице, заимствованной из работы [2], видно, что наивысшие отметки их водосборов близки к 3600 м. Заканчиваются же водосборы основной массы очагов на высотах более 2500 м, и только некоторые из них достигают 2000 м.

При реализации указанных выше условий осадкообразования мощные ливни на высотах 2000 - 3600 м, т.е. в зоне, охватывающей водосборы селевых очагов, формируют паводки, несущие большое количество наносов. Для образования мощного селя необходимо, чтобы в высокогорной зоне, где создаются условия для реализации сдвиговых или эрозивно-сдвиговых явлений, сформировался относительно небольшой по расходу селя. Характеристики селя (расход, объем, плотность селевой смеси) должны быть такими, чтобы при слиянии селя с водотоками, формирующимися на других частных водосборах речного бассейна, не происходил распад образующейся смеси. Напротив, суммарный поток должен обладать возможностью (энергетической) вовлечения пород, слагающих русло, в селевой процесс. При этом будут возрастать расход и объем потока,

плотность селевой смеси. Именно такие сели способны выходить за пределы гор и откладывая наносы на конусах выноса, расположенных на предгорной равнине.

Довольно распространенными проявлениями эрозионных процессов в горах, способных в определенных условиях спровоцировать возникновение селя, являются: линейная эрозия, сдвиг переувлажненных склоновых отложений.

Таблица

Средние значения морфометрических характеристик селевых очагов различных классов [2]

Номер класса	Площадь водосбора очага, км ²	Наибольшая высотная отметка водосбора, м	Наибольшая высотная отметка очага, м	Длина очага, м	Уклон очага, tg α
1	2,37	3560	3100	2,16	0,34
2	0,88	3520	3270	1,42	0,47
3	0,48	2940	2770	1,13	0,49
4	0,45	2930	3780	1,28	0,53
5	0,28	3330	3210	1,00	0,61

Однако наиболее типичным сдвиговым явлением в высокогорной зоне, приводящим к возникновению селей, является сдвиг водонасыщенных рыхлообломочных пород, накапливающихся в межселевые периоды, в склоновых ложбинах, (рытвинах).

Особенность заполнения рытвины рыхлообломочным материалом заключается в том, что крупные частицы при их перемещении с прилегающих склонов в притальвеговую зону имеют наибольшую вероятность опуститься на низкие высотные отметки. При этом образуется каркас из относительно крупных частиц, в поровом пространстве которых и формируется подземный канал стока. Со временем канал перекрывается сверху частицами различного размера, образующими отложения с полным, для данных геолого-геоморфологических условий, гранулометрическим составом. В зависимости от размеров рытвины глубина залегания подземного канала стока может колебаться от долей метра до нескольких метров. Эффективное (не занятое твердыми частицами и льдом) сечение канала стока формируется паводками, образующимися при выпадении ординарных ливней, а также

талыми водами. В холодный период года сечение канала стока может уменьшаться за счет намораживания льда.

Если расход воды увеличивается до значений, при которых свободное течение воды в каналах стока замещается напорным движением, происходит обводнение пород, вмещающих канал стока. Процесс перераспределения давления в пласте горных пород, вмещающем воду с напорным характером движения, занимает определенное время. Поэтому, если напорное движение кратковременно, никаких видимых изменений не происходит: поровое пространство "сглаживает" гидрограф паводка.

В редких ситуациях, когда напорное движение продолжается десятки минут и даже часы, объемы обводненных пород могут составить тысячи кубических метров при расходах подземных потоков, не превышающих доли кубических метров в секунду. Аккумуляция значительных объемов воды создает предпосылки для формирования мощных грязекаменных потоков в результате потери устойчивости обводненными массивами рыхлообломочных пород. Смешиваясь с паводочными водами других частных бассейнов, потоки многократно увеличивают свои характеристики за счет вовлечения в селевой процесс увлажненных грунтов, вмещающих русла водотоков.

Типичными представителями селевых очагов, в которых селевые процессы реализуются в ходе потери устойчивости водонасыщенными рыхлообломочными породами, являются рытвина, примыкающая с севера к скальному массиву правого борта р. М. Алматинка, расположенному прямо напротив метеостанции Мынжилки и рытвины, примыкающие к двум селевым врезам, расположенным на моренных отложениях ледника, стекающего на запад с пика Советов. Общий вид рытвины, примыкающей к левому (южному) врезу показан на рис.1. Эта рытвина, образованная в моренных отложениях, имеет продольный наклон 31° , длину 700 - 800 м, площадь водосбора $0,9 \text{ км}^2$. Она расположена в высотной зоне 2900 - 3400 м. Для выявления наличия подземных каналов стока, определения их морфометрических характеристик в 1996 г. сотрудниками лаборатории селевых потоков КазНИИМОСК был пройден шурф в осевой части рытвины.

Оценка гранулометрического состава рыхлообломочных пород, извлеченных из шурфа при его проходке, показала, что основная масса обломков представляет собой слабо окатанные частицы с размерами 50 - 500 мм, состав мелкозема - типичный для состава морен голоценового возраста. В процессе проходки шурфа был обнаружен подземный канал стока, сформиро-

ванный в пустотах между обломками частиц, имеющими размеры от 100 до 500 мм. Поперечные размеры сечения канала стока не превышали 500 мм, центр его располагался на глубине 1200 - 1300 мм. Рыхлообломочные породы, окружающие канал стока, содержали все фракции моренных отложений, вмещающих рытвину. Следовательно, пропускная способность (на единицу площади) грунта, окружающего канал стока, на несколько порядков была меньше таковой подземного канала стока.

В подземном канале концентрируется основной подземный сток, формирующийся в результате выпадения осадков на водосборную поверхность рытвины, таяния снега и льда, находящегося в поровом пространстве моренных отложений.



Для расчета интенсивности и продолжительности осадков, приводящих к обводнению грунтов рытвины и потере последними устойчивости (т.е. селеформированию) необходимо, помимо информации о морфометрических характеристиках рытвины, знание инфильтрационных характеристик грунтов и пропускной способности подземных каналов стока.

Имеющиеся данные позволили получить выражение, с помощью которого можно оценить пропускную способность подземных каналов стока в режиме безнапорного движения воды:

$$Q = 1,35S D^{0,67} i^{0,5}$$

где Q - максимальный расход в безнапорном режиме, м³/с; S - площадь сечения канала стока, м²; D - средний размер частиц, в которых сформирован канал стока, м; i - уклон канала стока, доли единицы.

Рис. 1. Общий вид рытвины в верховьях вреза, примыкающего к леднику пика Советов.

Если канал стока не обеспечивает безнапорный пропуск паводка, возникает ситуация, описанная выше - переход безнапорного режима течения воды в напорное, обводнение значительного объема рыхлообломочных пород с потерей их устойчивости и, как следствие, - сдвиговые явления с формированием селевых потоков. Примером реализации этого механизма служит ранее отмечавшаяся рытвина в створе плотины Мынжилки. Рытвина расположена в высотной зоне 3100 - 3660 м над уровнем моря. Продольный наклон рытвины 33° , площадь водосбора $0,34 \text{ км}^2$, длина 1180 м. Общий вид рытвины показан на рис.2. Она "сработала" в конце июня 1988 г. после сильных осадков, выпавших в основном в жидком виде. За 12 часов их сумма составила 65 мм, а интенсивность в отдельные периоды времени была весьма высокой. Селевой поток в створе плотины Мынжилки повредил служебное строение Казселезащиты и перекрыл дорогу.

В качестве превентивной меры борьбы с этими опасными сдвиговыми явлениями нами предлагается создание "окон разгрузки". Эти окна вскрывают каналы стока, уменьшают давление в пласте и переводят подземный сток в поверхностный, предотвращая, таким образом, обводнение массива. Поиски подземного канала стока могут вестись с помощью технических средств. Хорошо зарекомендовал себя сейсморасходомер, который использовался нами при поиске каналов стока в теле морены

Рис. 2. Рытвина в створе плотины Мынжилки



Маншук Маметовой, а также в многолетних работах В.А. Голубовича [1] на Туюксуиских моренах. Поиск может вестись и методом прослушивания шумов, создаваемых подземными водотоками, при перемещении вкост простирания осевой линии рытвины. Такое прослушивание более эффективно после выпадения осадков, когда "работают" каналы, не имеющие постоянного водотока.

Окно разгрузки было выполнено в нижней части рытвины, примыкающей к правому плечу трога Маншук Маметовой. Последовательные этапы работ показаны на рис. 3 - 6. Общий вид рытвины показан на рис. 3; на рис. 4 - участок рытвины до начала работ, на рис. 5 - вскрытие шурфом подземного канала стока. На рис. 6 представлен окончательный вид "окна". Общая схема устройства окна разгрузки показана на рис. 7. Важно, чтобы высотные отметки дна поверхностного канала стока в окне обеспечивали беспрепятственный сток воды с днища шурфа при повышении давления в подземном канале.

Выявление механизмов, приводящих к инициированию селей дождевого генезиса, позволяют разработать методы предотвращения аномального увлажнения обломочных пород. Исключение напорного движения в подземных каналах стока стартовых зон позволит предотвратить или существенно снизить характеристики селей дождевого генезиса. Описываемый способ борьбы с формированием селей на порядки дешевле, чем задержание селей плотинами, сооружаемыми в горных долинах.



Рис. 3. Общий вид рытвины.



Рис. 4. Участок рытвины до начала работ.



Рис. 5. Вскрытие шурфом подземного канала стока.



Рис. 6. Окончательный вид окна разгрузки.

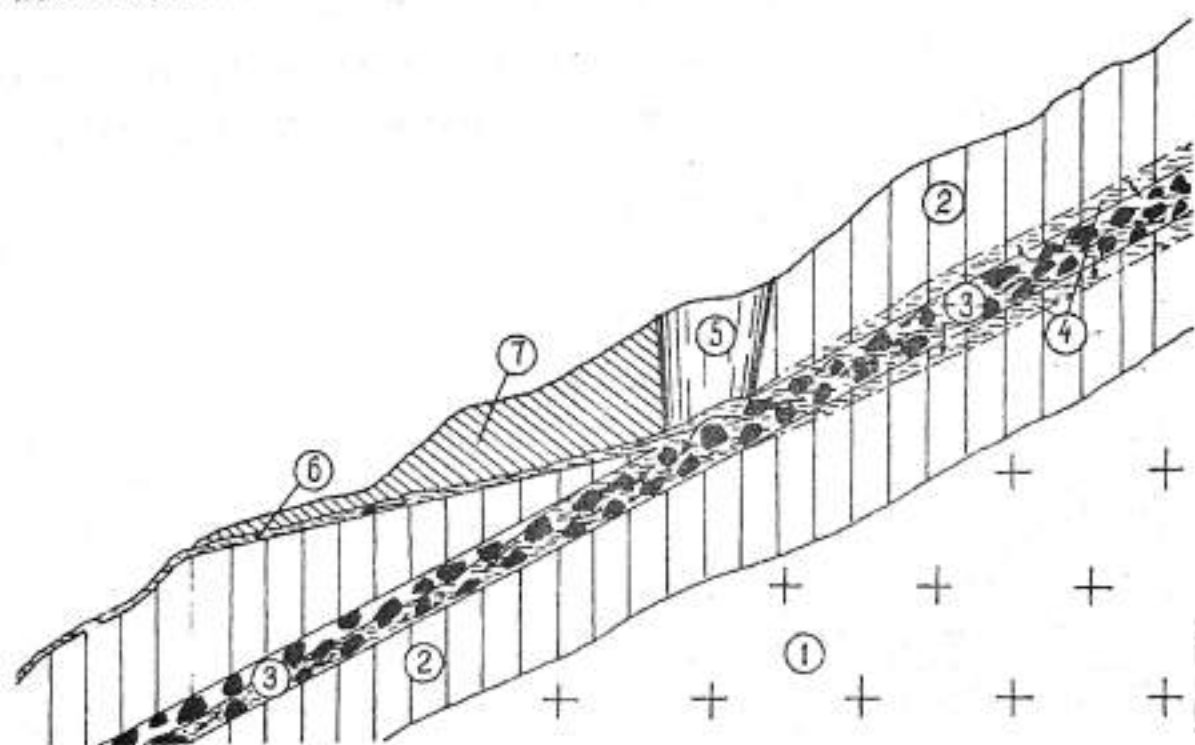


Рис. 7. Схема устройства "окна разгрузки". 1 - породы коренной основы; 2 - отложения наносов, заполняющих рытвину; 3 - подземный канал стока; 4 - зона обводнения вокруг канала стока, образованная под воздействием небольшого напора выше окна разгрузки; 5 - шурф, вскрывающий подземный канал стока; 6 и 7 - днище и стенка выработки, которая обеспечивает беспрепятственный переход подземного стока в поверхностный.

Предотвращение селей резко снизит масштабы эрозионных процессов в горной зоне, что будет способствовать сохранению биоразнообразия.

создаст условия для устойчивого развития горных и предгорных районов. Особую значимость превентивные мероприятия по предотвращению селей дождевого генезиса будут иметь в условиях глобального потепления климата, когда защита от селей путем создания селехранилищ станет не только экономически нецелесообразной, но и опасной, поскольку заполненные селехранилища становятся потенциальными очагами селеобразования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубович В.А. Некоторые результаты исследования сейсморасходомера ИРС-1 // Селевые потоки. - 1988. - № 10. - С. 99 - 103.
2. Разработать и усовершенствовать методы прогноза селевой опасности и расчета характеристик селевых потоков: Отчет о НИР / КазНИИ Госкомгидромета. - № ГР 01860039817. - Алма-Ата, 1990. - 87 с. – Отв. Исполнитель В.П. Мочалов.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

Іле Алатауының жоғары таулы аймағында жауын-шашыннан пайда болатын селдердің туындауына апарып соғатын механизмдер

Геогр. ғылымд. докторы	Б.С. Степанов
	А.Х. Хайдаров
Канд. ғылымд. наук	Р.К. Яфязова

Жауын-шашыннан пайда балатын селдердің бастапқы ошақтарында селдеді туында татын механизмдер суреттелген. Бул метуындауымен күресудің немесе олардың сипаттамаларын едәуір кемітетін тиімді әдістерді жүзен асыруға мүмкіндік береді.