

УДК 551.311.8(477)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ В КРЫМУ И КАРПАТАХ

Олиферов А. Н.

Актуальность работы связана с крайне неблагоприятным воздействием селевых потоков на народнохозяйственные объекты, расположенные в Горном Крыму и Украинских Карпатах. Министерство по чрезвычайным ситуациям Украины начинает работу по прогнозированию и борьбе с селевыми потоками как чрезвычайными ситуациями. Это потребовало обобщения существующего материала по селевым паводкам с целью выявления основных закономерностей их формирования в горных странах Украины.

Целью исследования является выявление основных закономерностей формирования селевых потоков в Крыму и Карпатах для обоснования их прогнозирования и разработки мер борьбы с ними.

Задачи, которые ставятся для достижения этой цели, следующие:

- проанализировать основные параметры селевых потоков;
- изучить гранулометрический состав твердой составляющей селей;
- исследовать особенности движения крупных камней в составе селевой массы;
- определить минералогический состав тонкодисперсной фракции как смазки в селевой массе;
- исследовать особенности конусов выноса селей;
- рассмотреть вероятностную модель возможности возникновения селей.

Статья написана по результатам разработки двух научно-исследовательских тем. Во-первых, это проект Госкомитета Украины по вопросам науки и технологий «Научные основы повышения эффективности освоения и охраны курортно-рекреационных территорий» (научный руководитель проекта А. Н. Олиферов). В процессе выполнения этой темы рассматривались наряду с другими и вопросы охраны курортно-рекреационных объектов от вредного воздействия селевых потоков. Во-вторых, это тема «Создание системы оценок экологических ситуаций и рекреационного потенциала в Крыму на основе географических информационных систем» (научные руководители В. А. Боков и А. Н. Олиферов). Были рассмотрены селевые потоки как чрезвычайные экологические ситуации и создана геоинформационная система «Сели Украины и меры по борьбе с ними». Тема относилась к прикладным научно-исследовательским работам и выполнялась по приказу по Министерству образования и науки. Как отмечалось, селевые потоки наносят существенные убытки народному хозяйству Крыма и Карпат. В Горном Крыму селевые потоки в основном заносят виноградники. Это было впервые отмечено в 1911 г. и продолжало происходить в 1997 и 2002 г. Реже в Крыму

подвергаются повреждению городские улицы. Последний раз такой случай был в Алуште в 1997 г., в Ялте в 1999 г. Что же касается Украинских Карпат, то там основным объектом, который разрушается селями, являются дороги и мосты. Еще в 1927 г. Л. Бартницким [1] описывались последствия паводков, в том числе и селевых в Прикарпатье. Аналогичные разрушения наблюдаются и в наши дни. А. В. Мельник [2] установил в 1998 г. случай разрушения автомобильных (10 км) и узкоколейных (15 км) дорог в бассейне р. Тересвы. Однако самыми трагичными последствиями прохождения селевых потоков являются человеческие жертвы. В 1911 г. в р. Ай-Серез во время селя погибло 6 детей. В 1967 г. в русле р. Кутлак селом была перевернута грузовая автомашина, которая везла детей; в результате 23 человека погибло. В 1997 г. в с. Ворон в русле одноименной реки погиб 1 человек. В Карпатах в бассейне Белого Черемоша в 1954 г. было разрушено общежитие лесорубов. В результате погибло 3 человека и ранено 15. В 1998 г. в районе с. Русская Мокрая селом при участии оползня занесен дом, в котором погибло 4 человека. Создавшееся положение потребовало детального исследования селей и разработки мер борьбы с ними.

Селевые потоки в Крыму и Карпатах характеризуются следующими параметрами. Уровни селевых потоков являются одной из важных их характеристик. Селевые потоки проходят в виде одного, реже двух или трех валов. В Крыму селевые потоки в лобовой части очень часто перекатывают груды обрезков виноградной лозы, а в Карпатах – стволы деревьев, корчи, пни и щепы. Высота селевых валов, полученная путем нивелировки ГВВ, составляет от 2 до 3,5 м. Максимальный расход селей получен путем нивелировки ГВВ и измерения камней максимального диаметра, а также детальнейшего расчета по существующим формулам. Расходы менее 10 м³/с даже в Крыму почти не отмечаются, так как селя представляет максимальный твердый сток. Количество случаев с расходами в интервалах 20-30, 30-40, 40-50 и 50-60 м³/с в обеих горных странах распределяется относительно равномерно. Расходов в интервалах 80-100 и 100-150 м³/с в Карпатах больше, чем в Крыму. Путем нивелировки ГВВ и подсчета по формулам было определено 145 случаев величины скорости селей. Из них 85 случаев приходится на интервал 2-3 м/с, 45 случаев – 3-4 м/с и только два случая селевых потоков в горных странах Украины близки к показателям для других горных стран, но относятся к их нижнему пределу.

Результаты определения гранулометрического состава селевых наносов путем грохочения, ситового анализа и впервые примененный к анализу селевых наносов метод разделения мелких частиц с помощью центрифуги Мошера представлены в виде треугольника Фере как для всего комплекса частиц, так и для мелкозема. Примерно половина отобранных проб соответствует водно-глибовым смесям и половина – водно-щебнистым. Повышенное количество мелкозема, а отсюда и наличие грязе-каменных селей, наблюдается преимущественно в Карпатах при переходе оползней в селевые потоки. Для определения транспортирующей способности селевого потока по формуле И. В. Егизарова [3] нами были построены интегральные гранулометрические кривые. Они характеризуются тремя типами: I – Кривые, характеризующие наносы крупных фракций с неравномерным составом

мелких фракций; II - Кривые, характеризующие содержание как мелких, так и крупных фракций. На них не наблюдается такого резкого перелома при переходе к крупным фракциям, как на графиках I типа; III тип отображает механический состав селевых наносов, содержащих значительное количество мелких частиц.

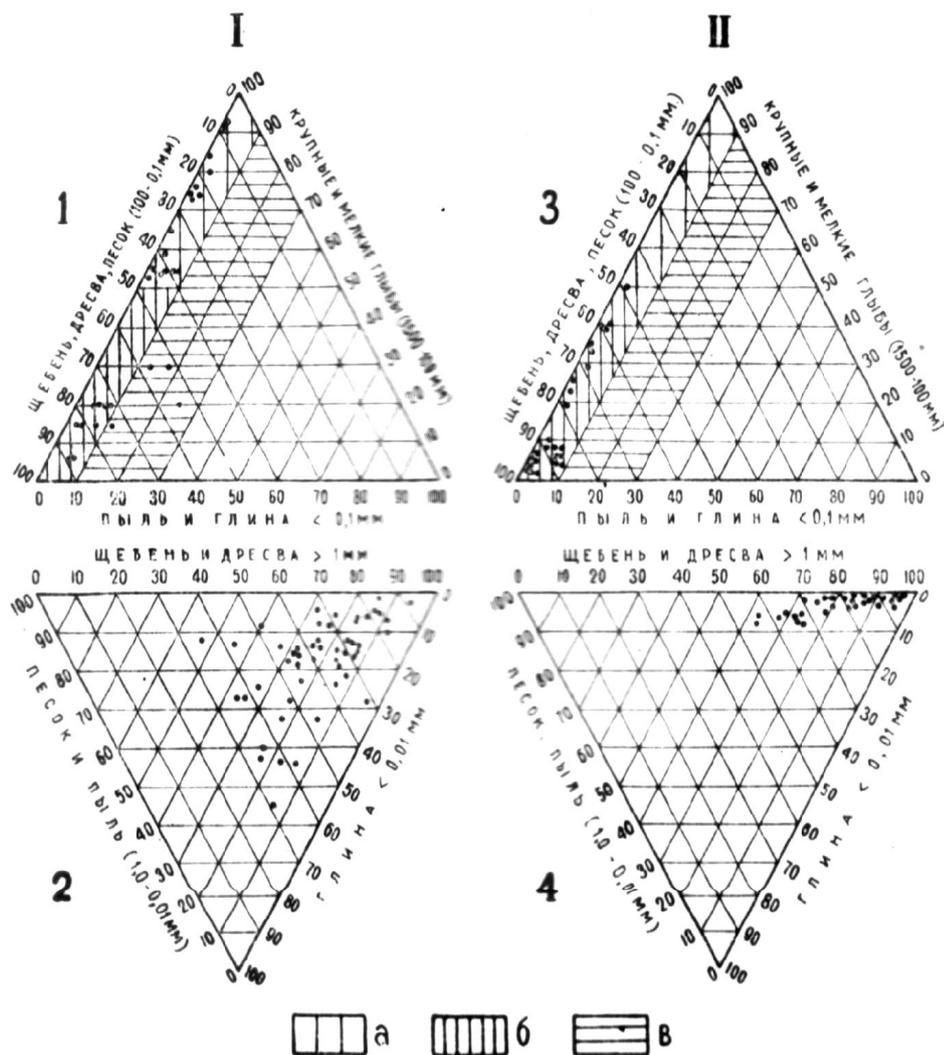


Рис. 1. Диаграмма-ромб гранулометрического состава селевых наносов.

I – Карпаты, II – Крым; 1, 3 – грансостав по данным грохочения и ситового анализа, 2, 4 – состав мелких фракций по данным лабораторных исследований.

Условные обозначения: а – грансостав в водно-глинистых селеях; б – грансостав в водно-щебнистых селеях; в – грансостав в грязе-щебнистых селеях.

Для определения транспортирующей способности селевого потока необходимо построение гранулометрических кривых. Такие графики построены нами для наносов Крымских и Карпатских селей в соотношениях $\frac{d_i}{d_{cp}}$, где d –

диаметр наносов.

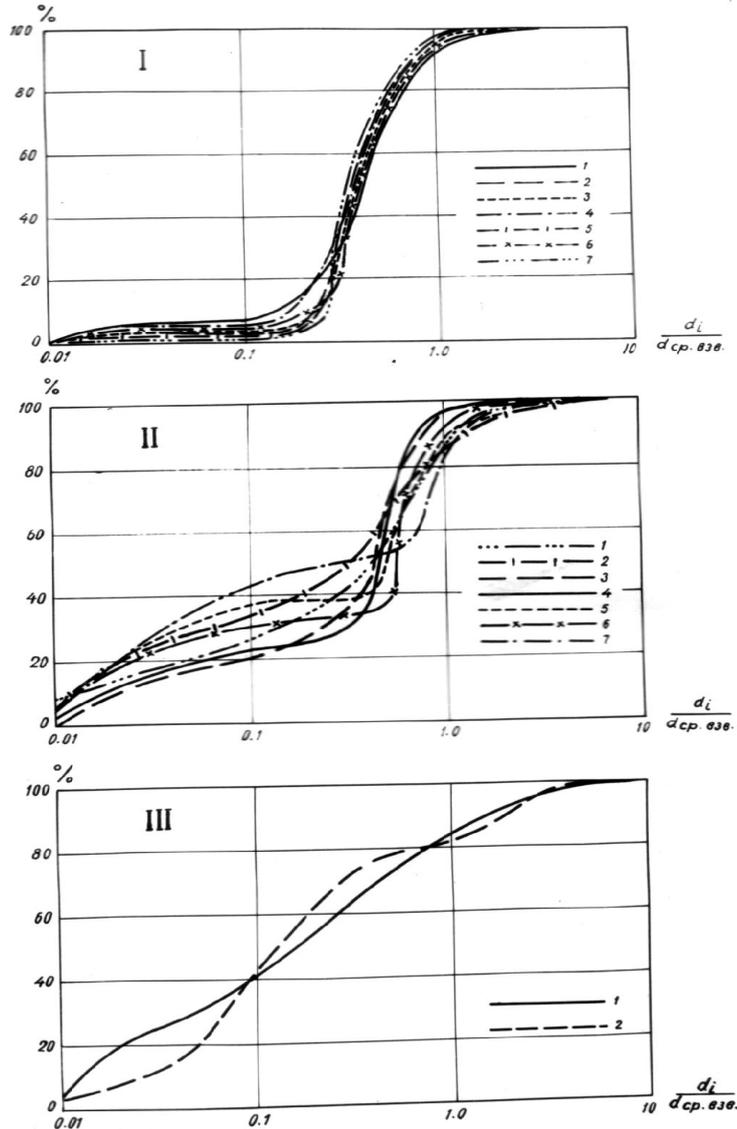


Рис. 2. Интегральные кривые гранулометрического состава селевых наносов. I тип – 1-3 – руч. Бисажень, 3, 4 – руч. Ситный, 5, 6 – руч. Семитный, 7 – руч. Лужка; II тип – 1 – руч. Фингераль, 2, 4 – руч. Богар, 5 – р. Чебан-Калле, 6 – балка №3 и 7 – Школьная балка (р. Ай-Серез); III тип – 1 – отложения внутри клуба, поврежденного селем на руч. Ситном, 2 – отложения у плотины водохранилища на Лемском ручье.

1 тип – интегральные кривые характеризуют наносы крупных фракций. Кривые отображают гранулометрический состав отложений с неравномерным составом мелких фракций и относительно равномерными по размеру крупными включениями.

2 тип – интегральные кривые характеризуют содержание как мелких, так и крупных фракций. На кривых не наблюдается такого резкого перелома при переходе к крупным фракциям, как на графиках 1 типа.

3 – тип кривых отображает механический состав отложений, содержащих значительное количество мелких частиц.

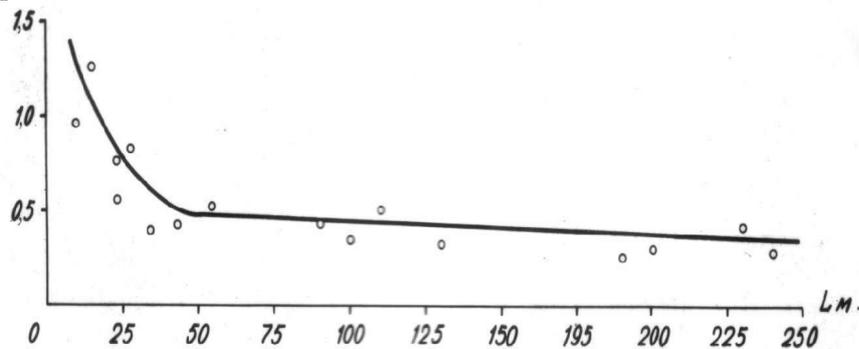
Математическая модель гранулометрического состава селевых отложений можно представить в виде функции плотности вероятности логнормального распределения.

Формирование селея зависит от возможности вовлечения крупных камней в движение. В случае остановки камней будет создана отмостка, и развитие селевого процесса будет прекращено. Массовое движение крупных глыб (диаметром более 2 м) мрамора и хлорито-серецитового сланца наблюдалась на руч. Белоив в Закарпатье. Автором проводилась массовая маркировка камней в селевых руслах Крыма и Карпат, а после прохождения селея осуществлялась их инвентаризация. В результате выявлена логарифмическая зависимость между диаметром крупных включений и длиной пути, на который они были передвинуты:

$$L = \frac{\ln \frac{d}{d_{\max} I}}{a},$$

где L – расстояние, на которое был передвинут крупный камень, d – средний диаметр камней, d_{\max} – максимальный диаметр, I – падение, a – параметр [4].

ЗАВИСИМОСТЬ ДЛИНЫ ПУТИ ПЕРЕНОСА СЕЛЕМ
ОБЛОМКОВ МОСТА
от их среднего диаметра на руч. Воротычный (Закарпатье)
дср.м



от числа Лохтина $\left(\frac{d}{i}\right)$ приток №3 р. Ай-Серез

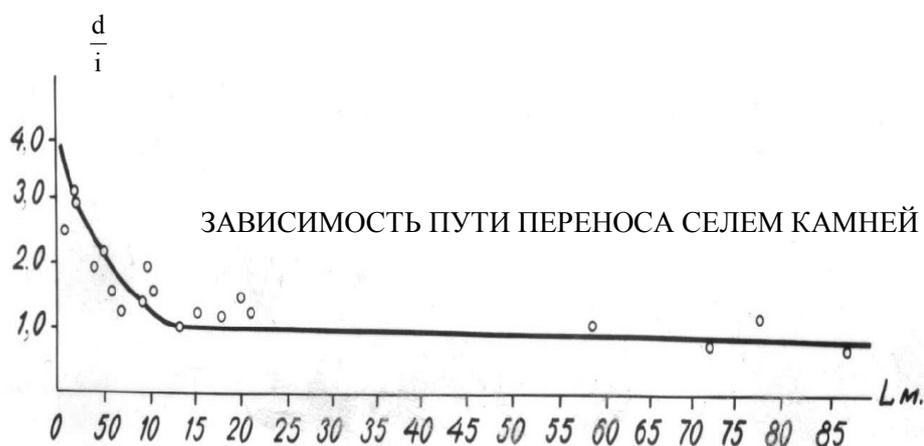


Рис. 3. Зависимость переноса селом крупных обломков от среднего диаметра и числа Лохтина

Структура селевого потока в сильной степени зависит от минералогического состава глинистой составляющей селевых наносов. У натриевых глин величина пластичной прочности в два раза выше, чем у кальциевых. Минералы группы монтмориллонита обладают наибольшей степенью дисперсности; они способны сильно набухать. Для выявления минералогического состава фракции 0,001 селевой массы был применен комплекс лабораторных методов, включающий оптический, термографический, рентгеновский, химический, электронно-микроскопический, инфракрасной спектроскопии.

Оказалось, что основным минералом такой фракции является гидрослюда, а монтмориллонит составляет только 10% фракции и только для карпатских селей. Таким образом, в Крыму и Карпатах преобладают несвязные сели, а связные проходят в Карпатах очень редко в результате подвижек оползней, которые разжижаются и превращаются в сели. Такие сели отмечались на потоках Канусяк

(бассейн р. Ломницы), Финтераль (бассейн р. Быстрицы Надвоянской), Скотарке (бассейн р. Зеленицы), Луги (бассейн Белой Тисы), Буковинка (бассейн р. Опур).

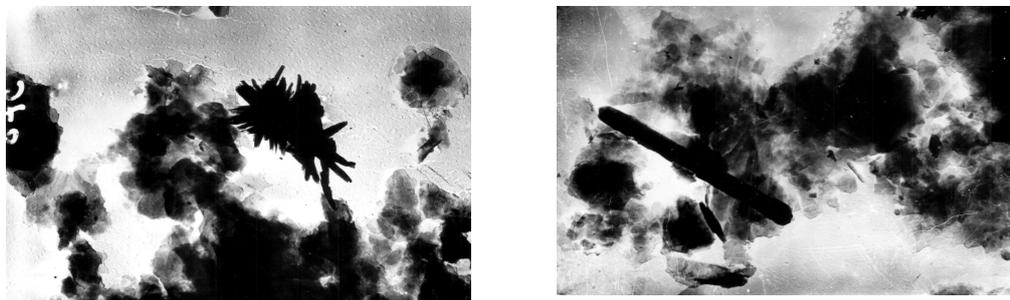


Рис. 6. Электронномикроскопические снимки тонкодисперсной фракции селевой массы (увеличение 12000)

При анализе особенностей селевых конусов выноса установлено, что только для Крыма характерны селевые конусы выноса, откладывающиеся в море и изменяющие конфигурацию береговой линии. В Карпатах наблюдаются селевые отложения притоков, которые мгновенно размываются текучей водой основной реки, не успев сформировать конус выноса. Между характеристиками селевого бассейна и параметрами конуса выноса с учетом исследований Р. Л. Хуке [5] и И. М. Райдера [6] выявляется следующая зависимость:

$$M_k = M_b^n C,$$

где M_k - параметры конуса выноса (площадь, длина, уклон); M_b - морфометрические характеристики водосбора (площадь, длина, уклон); n - показатель < 1 ; C - коэффициент, зависящий от геологических особенностей бассейна.

Математическую модель накопления и размыва конусов выноса можно получить, опираясь на интегральное уравнение процесса слоенакопления, полученное академиком А. Н. Колмогоровым [7], которое используется геологами.

В качестве вероятностной модели появления селей как экстремальных событий нами [8] предложено применять кривую распределения К. Пирсона III типа, характеризующейся тем, что слева она ограничена, а вправо уходит в бесконечность. Минимальное значение равно нулю, а верхняя граница неизвестна, так как, какой бы большой мощности сель не наблюдался за весь известный период, всегда остается вероятность того, что при большем периоде наблюдений могла бы иметь место и большая мощность. Уравнение этой кривой может быть представлено в следующем виде:

$$Y = Y_0 E^{-\gamma x} \left(1 + \frac{x}{a}\right)^{\gamma x},$$

где в нашем случае, Y – ордината, на которой отложена характеристика селей по интервалам, x – абсцисса, где отложено число наблюдений в данном интервале, $\gamma = \frac{1}{d}$ (d – радиус асимметрии, равный расстоянию между центром распределения и модой), Yd – наибольшая или модальная ордината, a – расстояние от модальной ординаты до левого конца кривой, E – основание Неперовых логарифмов.

Значительный ущерб, наносимый селевыми потоками, о чем упоминалось в начале статьи, требует дальнейшего изучения закономерностей их формирования и развития, а также разработки эффективных мер борьбы с ними.

Литература

1. Bartnicki L. Ziawiska meteorologiczne I powodzi w Matopolsce wschodniej w dniach 30 I 31 sierpnia 1927 // Wiadomosci meteorologiczne I hydrograficzne, 1928.
2. Мельник А. В. Українські Карпати: еколого-ландшафтознавче дослідження. – Львів: Вид. ЛНУ, 1999. – 286 с.
3. Егизаров И. В. Значение гранулометрических кривых для русловых расчетов и их эмпирическое построение // Селевые потоки и горные русловые процессы. – Ереван: Изд. АН Арм. ССР, 1068. – С. 149-152.
4. Oлиферов А. N. Transport of large rocks by mudflows // Soviet Hydrology: New-York, 1970. - #2. – p. 121-123.
5. Hooke R. L. B. Steady-state relationships of arid region alluvial fan closed basins // Amer. I. Sci, 1968. - 266. - #3. - p. 609-629.
6. Ryder I. M. Some aspects of the morphometry of paraglacial alluvial fans in south-central British Columbia // Can. I. Earth Sci., 1971. – 8. - #10. – p. 1252-1954.
7. Колмогоров А, Н. Решение одной задачи из теории вероятности, связанной механизмами слоеобразования // Докл. АН СССР, 1040. – Т. 65. - №6. – С. 793-796.
8. Олиферов А. Н. Модели селевых процессов, формирующихся в Крыму и Карпатах // Физико-географические процессы и охрана природы. – К.: Наукова думка, 1991. – С. 79-88.