

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МАКСИМАЛЬНОГО ОБЪЕМА ТВЕРДЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕЛЯ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

Кондратьева Н.В.

*ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Нальчик, Россия (360030, Нальчик, пр. Ленина, 2), e-mail: Kondratyeva\_nat@mail.ru*

Для территории Центрального Кавказа разработана методика предварительной оценки максимального объема твердых отложений селя, основанная на методе оценки селевой активности для Центрального Кавказа, полученном в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Высокогорный геофизический институт». В данной работе была уточнена типизация селевых бассейнов КБР по генетическому типу селеобразования в зависимости от высоты истока реки. Далее проведен многофакторный анализ связи между максимальным объемом твердых отложений селя ( $W$ ) и площадью ( $S$ ), средним уклоном русла ( $\alpha$ ), длиной селевого русла ( $L$ ) в селевых бассейнах КБР. Эмпирические зависимости были получены. Степень корреляционной связи между  $W$  и  $S$ ,  $\alpha$ ,  $L$  после разделения на указанные группы была выявлена. Методика прошла тестовую проверку для районов Кабардино-Балкарской Республики и Республики Северная Осетия-Алания. На стадии предварительного прогнозирования максимального селевого объема твердой составляющей, полученные при проверке относительные ошибки вполне допустимы.

Ключевые слова: селевая активность, объем селевых отложений, морфометрические параметры, математическая статистика, эмпирическая зависимость, корреляция.

## PRELIMINARY ESTIMATE OF THE MAXIMUM AMOUNT OF HARD DEPOSITS MUDFLOW METHODS OF MATHEMATICAL STATISTICS TO THE CENTRAL COCFCUSUS

Kondratieva N.V.

*Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia (360030, Nalchik, Lenin Avenue, 2), e-mail: Kondratyeva\_nat@mail.ru*

For the Central Caucasus preliminary assessment methodology developed maximum amount of solid deposits mudflow based method for estimating debris flow activity for the Central Caucasus, received at the Federal State Budget Institution "Mountain Geophysical Institute." In this work was refined typing mud pools KBR genetic type of mudflow depending on the height of the river source. Further multivariate analysis conducted communication between the maximum amount of solid deposits mudflow ( $W$ ) and area ( $S$ ), average slope of the channel ( $\alpha$ ), the length of debris bed ( $L$ ) in the debris basins Kabardino-Balkaria. Empirical correlations were obtained. Degree of correlation between  $W$  and  $S$ ,  $\alpha$ ,  $L$  after separation on these groups was detected. Technique passed the test checks for areas of Kabardino-Balkaria and North Osetia-Alania. During the pre- predict the maximum amount of debris solid component obtained when testing the relative errors are quite acceptable.

Keywords: mudflow activity, volume of deposits mudflow, morphometric parameters, mathematical statistics, empirical relationship, correlation.

Практически весь горный Кавказ является зоной схода селевых потоков. Они представляют особую угрозу, если на их пути продвижения находятся зоны рекреации, природные разрушения которых могут привести к возникновению дополнительной техногенной катастрофы. К числу наиболее опасных относятся те участки, где грязекаменный поток может выйти на дороги, нефте- и газо-, водопроводы, опоры линий электропередач, промышленные сооружения и т.д.

Во многом катастрофические последствия схода селевого потока зависят от его объема твердой составляющей. Проведение противоселевых мероприятий (строительство плотин,

дамб и т.д.) должно вестись в зависимости от знания потенциального объема грязекаменной массы.

Следовательно, установление максимально возможного объема твердого материала, переносимого селем, является необходимой составной частью мероприятий, направленных на предотвращение селей на наиболее опасных участках.

На сегодняшний день единой методики по определению твердой составляющей селя не существует. Предложенные в работах [6, 7 и др.] методы определения объема селевого потока показывают, что это достаточно длительная, трудоемкая и дорогостоящая работа.

Поскольку объем селевых отложений – эта одна из важных характеристик селевых явлений, мы предлагаем свой аналитический метод для его нахождения.

При изучении многомерных, многофакторных природных систем на первый план выступают задачи выявления и оценки ведущих факторов, характеризующих системы в целом. Эти задачи решаются с помощью дисперсионного, факторного и компонентного анализов, которые дают возможность свести к минимуму большие комплексы исходных показателей, характеризующие сложные явления, выделив при этом один или несколько главных факторов.

Нами разработана методика **«Предварительного определения максимального объема твердых отложений селя»** для Центрального Кавказа. Объем селевых выносов – это одна из основных характеристик селевой активности [6]. Методика прошла апробацию для территорий Кабардино-Балкарии, Северной Осетии-Алания.

Селевая активность – параметр, характеризующий, согласно словарю В.Ф. Перова [6], интенсивность развития селевого процесса во времени и в пространстве.

Понятие **селевая активность** ввел в своих работах С.М. Флейшман [10]. Для оценки селевой активности в пределах одного селевого бассейна он предложил использовать показатели повторяемости и объема селевых выносов, за определенный временной период.

$$P = \frac{\sum W}{T}, \quad (1)$$

где  $P$  – величина селевой активности ( $\text{м}^3/\text{год}$ );

$\sum W$  – суммарный объем селевых выносов за период наблюдения ( $\text{м}^3$ );

$T$  – число лет в учтенном временном периоде.

Но метод определения селевой активности по формуле (1) сопряжен с трудностями получения данных, необходимых для пространственного анализа селевых процессов (чаще всего селевые бассейны находятся в труднодоступной и малонаселенной местности, где не

ведутся стационарные наблюдения за каждым селепроявлением, и определить частоту схода селей является затруднительным).

На современном этапе, достаточно редким исключением из общей картины является база данных комплексных наблюдений за сходом селей и условиями их формирования на территории Кабардино-Балкарской республики (Центральный Кавказ), собранные И.Б. Сейновой в течение 50 лет (с 1953 по 2002 г.) и дополненные нами архивными данными ФГБУ «ВГИ», а также нашими наблюдениями за селепроявлениями с 2000 года [4, 5, 8, 9 и др.], которые позволили определить селевую активность на территории Кабардино-Балкарской республики.

Используя количественный ряд наблюдений об объемах твердых отложений прошедших всех селей (по притокам р.р. Баксан, Чегем, Черек) за 50 лет, с помощью методов математической статистики и корреляционного анализа в ФГБУ «ВГИ» была разработана методика «предварительной оценки селевой активности для Центрального Кавказа» [1, 2, 3].

Методика предполагает типизацию селевых бассейнов по генетическому типу селеобразования в зависимости от высоты истока реки [1, 2, 3].

За основу методики «предварительного определения максимального объема твердых отложений селя на Центральном Кавказе» мы приняли методику «предварительной оценки селевой активности для Центрального Кавказа».

В данной работе типизация селевых бассейнов КБР по генетическому типу селеобразования в зависимости от высоты истока реки была уточнена. Генезис селеобразования в бассейнах уточнялся по архивным [5 и др.], литературным [4, 9 и др.] данным, по полевым обследованиям, а также по космическим снимкам с портала Google Earth Pro горной территории КБР. Поиск эмпирических зависимостей был осуществлен нами методами математической статистики и корреляционного анализа.

### **Методика предварительной оценки максимального объема твердых отложений селя для Центрального Кавказа**

I. Селевые бассейны с абс. выс. истока (Н) выше 2500 м.

а) селевые бассейны с наличием активных ледников и перигляциальной зоны, принимающих активное участие в процессе селеформирования (ледниковый, ледниково-дождевой генетические типы селей).

На территории КБР нами рассмотрено 18 бассейнов группы (а).

б) селевые бассейны с пассивными формами оледенения и наличием перигляциальной зоны, опосредованно влияющей на активность селеформирования (ледниково-дождевой, дождевой генетические типы селей).

На территории КБР нами рассмотрено 16 бассейнов группы (б).

в) селевые бассейны без оледенения и перигляциальной зоны (дождевой, снеговой дождевой генетические типы селей).

Бассейнов группы (в) на территории КБР нами рассмотрено 42.

II. Селевые бассейны с абс. выс. истока (Н) 2500–1500 м (дождевой, снеговой дождевой генетические типы селей).

Группы (II) на территории КБР нами рассмотрено 39 бассейнов.

III. Селевые бассейны с абс. выс. истока (Н) ниже 1500 м (дождевой, снеговой дождевой генетические типы селей).

На территории КБР нами рассмотрено 16 бассейнов группы (III).

Далее проведен многофакторный анализ связи между максимальным объемом твердых отложений селя (W) и площадью (S), средним уклоном русла ( $\alpha$ ), длиной селевого русла (L) в селевых бассейнах КБР. Эмпирические зависимости были получены. Степень корреляционной связи между W и S,  $\alpha$ , L после разделения на указанные группы была выявлена:

**- для высокогорных бассейнов (Н = выше 2500 м) с ледниковым и ледниково-дождевым генетическими типами селей:**

$$W = b \cdot S + c \cdot 1/\alpha + d \cdot L, \quad (2)$$

где  $b$ ,  $c$ ,  $d$  – корреляционные коэффициенты, зависящие от абсолютной высоты расположения истока реки и от генетического типа селей.

Корреляционные коэффициенты –  $b$ ,  $c$ ,  $d$  равны соответственно:

$$b = - 14 \cdot 10^3; c = - 127 \cdot 10^6; d = 359 \cdot 10^3.$$

Коэффициент множественной детерминации ( $R^2$ ) равен 0,92, что означает, что 92 % изменения значений показателя максимального объема селя (W) обусловлено изменением показателей площади и длины реки, а также обратной величине среднего уклона русла.

Размерности корреляционных коэффициентов:

$$b, \left[ \frac{M^3}{KM^2} \right]; c, [M^3 \%]; d, \left[ \frac{M^3}{KM} \right].$$

- для остальных групп бассейнов:

$$W = b \cdot S + c \cdot \alpha + d \cdot L, \quad (3)$$

Корреляционные коэффициенты –  $b$ ,  $c$ ,  $d$  равны соответственно:

- для высокогорных бассейнов (Н = выше 2500 м) с ледниково-дождевым и дождевым генетическими типами селей:

$$b = 0; c = 650; d = 21 \cdot 10^3.$$

Коэффициент множественной детерминации ( $R^2$ ) равен 0,83, т. е. 83 % изменения показателя максимального объема обусловлено изменением показателей уклона и длины в совокупности.

- для селевых бассейнов с дождевым и снежодождевым генетическими типами селей (Н = выше -2500 м):

$$b = 3745; c = 41; d = 0.$$

Коэффициент множественной детерминации ( $R^2$ ) равен 0,93, т. е. 93 % изменения показателя максимального объема обусловлено изменением показателей среднего уклона реки и площади бассейна.

- для селевых бассейнов с дождевым и снежодождевым генетическими типами селей (Н = 2500-1500 м):

$$b = 0; c = 156; d = 3960.$$

Коэффициент множественной детерминации ( $R^2$ ) равен 0,92, т. е. 92 % изменения показателя максимального объема обусловлено изменением показателей среднего уклона и длины русла в совокупности.

- для селевых бассейнов с дождевым и снежодождевым генетическими типами селей (Н = ниже 1500 м):

$$b = 0; c = 22; d = 8309.$$

Коэффициент множественной детерминации ( $R^2$ ) равен 0,92, т. е. 95 % изменения показателя максимального объема обусловлено изменением показателей среднего уклона и длины русла в совокупности.

Размерности корреляционных коэффициентов:

$$b, \left[ \frac{M^3}{KM^2} \right]; c, \left[ \frac{M^3}{\%o} \right]; d, \left[ \frac{M^3}{KM} \right].$$

### **Заключение**

При проверке точности полученных эмпирических уравнений относительные ошибки варьируют от 11 % до 60 %. Мы это объясняем тем, что сель – это многофакторный процесс. Не только морфометрия бассейна влияет на селевые объемы, но и многие другие факторы (геология, орография, климат и т.д.). Но на стадии предварительного прогнозирования максимального селевого объема твердой составляющей полученные относительные ошибки вполне допустимы.

Поэтому считаем, что все рекомендуемые расчетные формулы отвечают современным требованиям и могут быть использованы на стадии предварительной оценки селевой активности (максимального объема) горных территорий Центрального Кавказа, где не ведутся стационарные наблюдения за сходом селей, т.е. не известны объемы и даты их схода.

### Список литературы

1. Кондратьева Н.В. Районирование территории Кабардино-Балкарской республики по селевой активности: дис... канд. геогр., наук. – Нальчик, 2007. – С. 121-124.
2. Кондратьева Н.В., Гекиев А.А., Лизмова Н.А. Расчет селевой активности различных бассейнов статистическими методами // Обозрение прикладной и промышленной математики. – 2008. – Т. 15, № 6. – С. 1094-1095.
3. Кондратьева Н.В., Кумукова О.А. Расчет коэффициента селевой активности и коэффициента селевой денудации по селевым притокам реки Баксан (Центральный Кавказ. Кабардино-Балкарская республика) // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Науки о земле. – Ростов-на-Дону, 2007.
4. Мальнева И.В., Сейнова И.Б., Кононова Н.К. Основные изменяющиеся факторы формирования селей в Центральной части Главного Кавказского хребта и их прогнозирование. Исследование механизма развития экзогенных геологических процессов и факторов, их обуславливающих. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1985. – С. 99-105.
5. Отчет по НИР «Оценка русловых процессов реки Баксан в г. Тырныауз в условиях активной селевой деятельности на ее притоках». – Москва: Севкавгипроводхоз, 2002.
6. Перов В.Ф. Селевые явления: терминологический словарь. – М.: МГУ, 1996. – 45с.
7. Садов А.В. Аэрометоды изучения селей. – М.: Недра, 1972. – 124 с.
8. Сейнова И.Б. Селевые потоки в Кабардино-Балкарии // Труды ВГИ. – 1967. – Вып. 6. – С.175-198.
9. Сейнова И.Б., Золотарев Е.В. Ледники и сели Приэльбрусья. – М.: Науч. мир, 2001. – 203 с.
10. Флейшман С.М. О количественной оценке селеопасности // Вестник МГУ. 1972. Сер. Геогр. Вып. 4. – С. 26-32.

### Рецензенты:

Аджиев А.Х., д.ф.-м.н., профессор, зав. отделом стихийных явлений ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», г. Нальчик.

Калов Р.О., д.г.н., доцент, профессор кафедры экономики ФГБОУ ВПО «Кабардино-

Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова», г. Нальчик.