

Амшоков Б. А., Гегиев К. А., Шерхов А. Х., Гергокова З. Ж.

Amshokov B. A., Gegiyev K. A., Sherkhov A. Kh., Gergokova Z. Zh.

**УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗА АКТИВИЗАЦИИ
СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ ДОЖДЕВОГО ГЕНЕЗИСА**

**IMPROVED METHOD FOR FORECASTING THE ACTIVATION
OF MUD FLOWS OF RAIN GENESIS**

В данной работе обосновано актуальность темы как один из опасных геофизических, в частности, гидрологических явлений на горных реках Кабардино-Балкарской республики.

Сделан анализ существующих методов краткосрочных, долгосрочных и сверхдолгосрочных прогнозов наступления активизации схода селевых потоков.

На основании результатов многочисленных натурных маршрутных обследований селеносных притоков основных рек КБР (р.р. Баксан, Чегем, Черек) и обзор и критический анализ литературных источников, данных и отчетных материалов (за 1953-2020 гг.) по наблюдаемым метеорологическим атмосферным осадкам и зафиксированных фактов сходов селевых потоков показывают что основным условием возникновения повышенной селевой опасности на горных и предгорных территориях являются продолжительные и (или) интенсивные ливневые дождевые осадки.

При этом сели дождевого генезиса составляют абсолютное большинство (более 90%) от общего количества всех генетических типов селевых потоков.

В статье освещается систематизация и районирование по основным ущельям (Баксанскому, Чегемскому, Черекскому) с выборкой данных (ближайших метеостанций) по дождевым осадкам за 15-дневный предшествующий период с расчетом метеорологической силы «дождя».

Предлагаемый усовершенствованный метод краткосрочного прогнозирования позволяет определять по имеющимся и прогнозируемым в день схода селя метеорологическим данным дождевых осадков и метеорологической силы дождя условия активизации селевой опасности горных районах, что имеет важное значение для своевременного предупреждения о возможности схода селевых потоков и принятия быстрых необходимых мер по обеспечению безопасности жизнедеятельности населенных пунктов

промышленных, сельскохозяйственных и рекреационных объектов и др.

This paper substantiates the relevance of the topic as one of the dangerous geophysical, in particular, hydrological phenomena on the mountain rivers of the Kabardino-Balkarian Republic.

The analysis of existing methods of short-term, long-term and ultra-long-term forecasts of the onset of mudflow activation is made.

Based on the results of numerous full-scale route surveys of mudflow tributaries of the main rivers of the CBD (Baksan, Chegem, Cherek rivers) and a review and critical analysis of literature sources, data and reporting materials (for 1953-2020) on observed meteorological atmospheric precipitation and recorded facts of mudflow descents show that the main condition for the occurrence of increased mudflow danger in mountain and foothill territories is prolonged and (or) intense heavy rain precipitation.

At the same time, mudflows of rain origin make up the absolute majority (more than 90%) of the total number of all genetic types of mudflows.

The article highlights the systematization and zoning of the main gorges (Bak-San, Chegem, Cherek) with a sample of data (the nearest weather stations) on precipitation for the previous 15-day period with the calculation of the meteorological force of «rain».

The proposed improved method of short-term forecasting makes it possible to determine, based on the available and predicted meteorological data on the day of the mudslide, the conditions for activating the mudslide hazard in mountain areas, which is important for timely warning about the possibility of mudslide flows and taking quick necessary measures to ensure the safety of human settlements, industrial, agricultural and recreational facilities, etc.

Проверка надежности метода прогноза вероятного схода селевого потока дождевого генезиса за период 2018-2020 гг. показывает в среднем до 64% оправданности, что соответствует нормативным документам.

Ключевые слова: селевой поток, оползни, обвалы, гравитация, геологические склоновые явления, кратковременный прогноз, зона зарождения транзита и конус выноса.

Verification of the reliability of the method for predicting the likely descent of a mudflow of rain Genesis for the period 2018-2020 g. shows an average of up to 64% justifiability, which corresponds to regulatory documents.

Key words: mudflow, landslides, gravity, geological slope phenomena, short-term forecast, transit origin zone and removal cone.

Амшоков Батыр Хаширович –

кандидат технических наук, доцент кафедры природообустройства, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, г. Нальчик
E-mail: ambat72@mail.ru

Amshokov Batyr Khashirovich –

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Environmental Engineering, FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik
E-mail: ambat72@mail.ru

Гегиев Касбулат Адальбиевич –

канд. технических наук, заведующий лабораторией гидрологии горных территорий, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», г. Нальчик
E-mail: kasgegiev@yandex.ru

Gegiyev Kasbulat Adalbievich –

Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory of Hydrology of Mountain Territories of the Federal State Budgetary Institution «High Mountain Geophysical Institute», Nalchik
E-mail: kasgegiev@yandex.ru

Шерхов Андзор Хамидбиевич –

кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией геоэкологического мониторинга, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», г. Нальчик
E-mail: fff.ddd.11@mail.ru

Sherkhov Andzor Khamidbiyevich –

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Laboratory of Geoecological Monitoring, FSBI «High Mountain Geophysical Institute», Nalchik
E-mail: fff.ddd.11@mail.ru

Гергокова Зайна Жамаловна –

научный сотрудник лаборатории геоэкологического мониторинга ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», г. Нальчик
E-mail: zayna.gerg@mail.ru

Gergokova Zayna Zhamalovna –

Researcher, Laboratory of Geoecological Monitoring, FSBI «High Mountain Geophysical Institute», Nalchik
E-mail: zayna.gerg@mail.ru

Введение. Интенсивное рекреационное, сельскохозяйственное и горнодобывающее освоение горных территорий республики и существенная активизация экзогенных (в том числе и техногенных) опасных гравитационных склоновых и русловых явлений (селей) в связи с глобальным изменением климата определяет актуальность темы.

Гидрологический прогноз схода селевого потока указывает величину и время наступления какого-либо параметра режима селевого паводка. Прогнозы водного режима

делятся в нашей стране на «краткосрочные» – до 10 суток, «долгосрочные» – до 2-3-х месяцев и сверхдолгосрочные – от 3-х месяцев и более. То есть гидрологические прогнозы – это научно обоснованные предвычисления развития и сроков наступления опасных явлений на водотоках (наводнения, сели, пересыхание рек и т.д.), гидрологический прогноз, как и всякий другой прогноз, не может быть абсолютно точным.

Для прогнозирования опасных гидрологических явлений на горных реках и

их параметров необходимы данные длительных гидрометрических измерений и метеорологических наблюдений.

При проектировании и строительстве селезащитных гидротехнических сооружений для обоснования прогнозного режима селеносной реки разной обеспеченности необходимо иметь гидрометеорологические сведения.

Гидрологические прогнозы необходимы для эффективного управления водными ресурсами, смягчения последствий опасных природных явлений и уменьшения ущерба, вызванного селями паводками.

Распределение по видам сочетаний показателей в различных методах прогноза селя:

- интенсивность и продолжительность дождя – 5 разработок;
- сумма осадков за интервал + интенсивность дождя – 3 разработки;
- предшествующий дождь + интенсивность или продолжительность, или сумма осадков за интервал – 12 разработок;
- использование одного показателя: сумма осадков за интервал, или интенсивность дождя, или предшествующий дождь – по 1 разработке.

Период, за который учитывается предшествующий дождь, варьируется от 2 до 45 суток [1, 2].

Усовершенствованный метод прогноза селей дождевого генезиса

Исходный проект. Объектом аналитической проработки и усовершенствования являлся проект «Методические рекомендации по обеспечению противоселевой безопасности объектов экономики» (на примере КБР), разработанный в 2016г. в ФГБУ «ВГИ» [3,4].

При разработке данного проекта селевые бассейны (дождевого генезиса) КБР были разделены на основные группы по ущельям – Баксанскому, Чегемскому и Черекским.

В проекте выявляется связь схода селевых потоков в бассейнах указанных рек с дождевыми осадками, замеренными на наиболее близко расположенных метеостанциях и гидрологических постах. Для этого использовались данные по дождевым осадкам с 1953 по 2014 гг.,

Кабардино-Балкарского ЦГМС [5] и зафиксированные факты схода селевых потоков по трем основным притокам (1-го порядка) бассейна р. Терек [6, 7]:

- по р.Баксан – гидрологический пост: «Тырныауз (ГП-2 Герхожан)». Гидрологический пост расположен в г. Тырныауз, на высоте 1383 м над уровнем моря, в пойме р. Герхожан-су.

- по р.Чегем – метеостанция «Нижний Чегем». Расположена в с.Нижний Чегем на высоте 893 м над уровнем моря.

- по р.Черек – гидрологический пост «Бабугент». Расположен в с. Бабугент на высоте 750 м над уровнем моря.

Проведенный авторами исходного варианта методики анализ показал, что сход селевых потоков в горных и предгорных районах КБР напрямую зависит от количества дождевых осадков за предшествующий 15-дневный период, то есть от величины X_{15} (мм), включающей осадки и в день схода селя. Поэтому условия возникновения селевой опасности на рассматриваемой территории могут быть адекватно оценены минимальными (критическими) значениями дождевых осадков X_{15} (мм), а также метеорологической силой дождя Δ (мм/сут^{0.5}), которая служит дополнительным критерием оценки условий возникновения селевой опасности при наличии данных о дождевых осадках X_n за $n < 15$ – дневный период:

$$\Delta = \sqrt{X \cdot i} \text{ (мм/мин}^{0.5}\text{)} \quad (1)$$

Путем преобразования была получена расчетная зависимость определения метеорологической силы дождя в более удобном виде:

$$\Delta = 0.026 \frac{X_n}{\sqrt{n}} \text{ (мм/сут}^{0.5}\text{)}, \quad (2)$$

где:

n (сут) – число дней рассматриваемого периода, включая и день схода селя.

Имея гидрометеорологическую информацию (по соответствующей метеостанции) о дождевых осадках за ($n < 15$) количество дней и прогнозируемые осадки на последующие дни (до значения $n=15$), можно по расчетному значению X_{15} заблаговременно определить возможность возникновения (исключения) селевой опасности, дифференцируя ее на среднюю или повышенную.

Основные результаты, полученные авторами первоначального варианта проекта методики оценки условий возникновения селевой опасности в горных и предгорных районах КБР на основе указанных

критериев, (минимальных (критических) значений дождевых осадков X_{15} и метеорологической силы дождя Δ , представлены в таблицах 1, 2) [4].

Таблица 1 – Условия возникновения селевой опасности по критерию минимальных (критических) значений дождевых осадков X_{15} для КБР

№	Бассейны основных рек КБР	Условие селевой опасности X_{15} (мм)	Уровни селевой опасности	
			средний X_{15} (мм)	повышенный X_{15} (мм)
1.	р. Баксан	$X_{15} \geq 27-29$	$27 \leq X_{15} < 60$	$X_{15} \geq 60$
2.	р. Чегем	$X_{15} \geq 33-35$	$33 \leq X_{15} < 60$	$X_{15} \geq 60$
3.	р. Черек	$X_{15} \geq 26-28$	$26 \leq X_{15} < 60$	$X_{15} \geq 60$
4.	по КБР	$X_{15} \geq 26-28$	$26 \leq X_{15} < 60$	$X_{15} \geq 60$

Таблица 2 – Условия возникновения селевой опасности по критерию минимальной метеорологической силы дождя Δ для КБР

№	Бассейн основных рек КБР	Условие селевой опасности Δ (мм/сут ^{0,5})	Уровни селевой опасности	
			средний Δ (мм/сут ^{0,5})	повышенный Δ (мм/сут ^{0,5})
1.	р. Баксан	$\Delta \geq 0,18-20$	$0,18 \leq \Delta < 0,4$	$\Delta \geq 0,4$
2.	р. Чегем	$\Delta \geq 0,22-0,24$	$0,22 \leq \Delta < 0,4$	$\Delta \geq 0,4$
3.	р. Черек	$\Delta \geq 0,18-20$	$0,18 \leq \Delta < 0,4$	$\Delta \geq 0,4$
4.	по КБР	$\Delta \geq 0,18-20$	$0,18 \leq \Delta < 0,4$	$\Delta \geq 0,4$

По указанной методике прогноза разработаны условия возникновения селевой опасности дождевого генезиса на Черноморском побережье Краснодарского края [8]. Минимальное (критическое) значение метеорологической силы дождя Δ , разделяющее безопасную зону и зону селевой опасности, для данного региона, составляет $\Delta = 0,30- 0,35$ мм/сут^{0,5}. Зоны средней и повышенной селевой опасности разделяются значением $0,6$ мм/сут^{0,5}.

Усовершенствования методики прогноза:

- уточнены реальные значения критических величин предикторов условий возникновения селевой опасности (количество осадков за предшествующий возникновению селеопасной ситуации n дневный период, X_n) применительно к трем ущельям: Баксанскому (р.Баксан), Чегемскому (р.Чегем), Черекским (реки Черек Балкарский и Черек Безенгийский);

- на основе обработки статистического материала выяснилось, что для повышения точности прогноза необходимо учитывать дополнительный параметр, поэтому был введен дополнительный предиктор –

критическое значение количества осадков (h_1), прогнозируемое в день предполагаемого возникновения селевой опасности, X_p . Сумма значения данного параметра со значением количества реально выпавших за предшествующий n – дневный период X_n осадков (по соответствующей метеостанции) составляет величину значения второго предиктора X_{15} (15 дней) и позволяет оценить сложившиеся условия, как соответствующие возникновению селеопасной ситуации или отсутствию таковой;

- определены новые зависимости для критериев оценки условий селевой опасности: минимальных (критических) значений дождевых осадков X_{15} по Баксанскому (р. Баксан), Чегемскому (р.Чегем), Черекским (реки Черек Балкарский и Черек Безенгийский) ущельям.

Оценка условий возникновения селеопасной ситуации в качестве краткосрочного (12-24ч.) фонового прогноза для горных и предгорных территорий бассейнов рек Баксан, Чегем, Черек Балкарский и Черек Безенгийский, на основе

разработанных усовершенствований, реализуется следующим образом:

Алгоритм прогноза: с целью учета суммарного увлажнения грунта рассчитывается по данным соответствующей метеостанции или гидропоста, значение суммы осадков, выпавших за предшествующий период – дате составления прогноза n – дневный период, X_n (15 дней).

- определяется прогнозируемая суммаосадков (h_1) на сутки составления прогноза возникновения условий селеопасности. Дается оценка достижения или превышения данным предиктором критических значений, определенных в настоящей работе, для каждого из трех указанных бассейнов;

- суммируя количество «накопленных» осадков X_n и прогнозируемое количество

осадков на сутки составления прогноза возникновения условий селеопасности, X_p , получаем значение второго предиктора $X_{15} = X_n + X_p$, которое так же оценивается с точки зрения достижения или превышения им критических величин. Таким образом, единовременное достижение или превышение обоими показателями определенных для данных предикторов критических значений (применительно к каждому из трех бассейнов) позволяет охарактеризовать условия как соответствующие возникновению селеопасной ситуации (таб. 3).

Далее приведены данные, полученные по результатам авторской проверки усовершенствованной методики на независимом диагностическом материале 2018-2020 гг. (таб. 4) [5].

Таблица 3 – Условия возникновения селевой опасности по критерию минимальных (критических) значений дождевых осадков X_{15} для КБР

№	Бассейны основных рек КБР	Условие селевой опасности					
		селеопасно			повышенная селеопасность		
		осадки в день схода, мм h_1 (X_p)	за 15 дней, включая день схода, мм h_{15}	метеорологическая сила дождя, Δ	осадки в день схода, мм h_1	за 15 дней, включая день схода, мм h_{15}	метеорологическая сила дождя, Δ
1.	р. Баксан	$5 < h_1 < 10$	< 30	> 0.2	> 10	> 60	> 0.4
2.	р. Чегем	$5 < h_1 < 10$	< 30	> 0.2	> 10	> 60	> 0.4
3.	р. Черек	$5 < h_1 < 10$	< 30	> 0.2	> 10	> 60	> 0.4
4.	по КБР	$5 < h_1 < 10$	< 30	> 0.2	> 10	> 60	> 0.4

Таблица 4 – Расчет оправдываемости прогноза селевой опасности

№	Бассейны основных рек КБР	Условие селевой опасности					
		селеопасно			повышенная селеопасность		
		прогноз кол.	оправдался	оправдываемость, %	прогноз	оправдался	оправдываемость, %
1.	р. Баксан	8	5	62	8	5	62
2.	р. Чегем	5	3	60	4	3	75
3.	р. Черек	11	7	64	19	12	63
4.	по КБР	24	15	62,5	31	20	64,5

Заключение. Предлагаемые усовершенствования краткосрочного прогноза позволяют определять (по имеющимся и прогнозируемым метеоданным) условия возникновения активизации селевой опасности в том или ином районе, что чрезвычайно важно для своевременного оповещения о возможности

схода селевых потоков и принятия необходимых мер по обеспечению безопасности жизнедеятельности на селитебных горных территориях. Однако, поскольку все усовершенствования данной методики просчитаны исключительно на диагностическом материале, применение ее в практике краткосрочных фоновых прогнозов

селеопасности возможно только после практической апробации на независимом прогностическом материале и при оперативном прогнозировании.

Дополнительные сложности в реализации прогноза селя по прогнозируемым осадкам связаны с репрезентативностью данных метеостанций, расположенных на значительных удалениях от селевых очагов, при повышенной сложности рельефа и локальном характере ливневых осадков в горах. Это не позволяет получать на регулярной основе достоверные данные по вышеприведенным предикторам.

Надежность краткосрочного прогноза схода селевого потока дождевого генезиса показывает в среднем 64% оправдываемости, что соответствует требованию руководящих документов [9, 10, 11].

Литература

1. *Нижеховский Р.А.* Наводнения на реках и озерах. – Л.: Гидрометеиздат., 1989. – 184 с.
2. *Перов В.Ф.* Селеведение. МГУ (учебное пособие). – М.: 2012. – 270с.
3. *Анахаев К.Н., Гегиев К.А., Шерхов А.Х., Гергокова З.Ж.* и др. Методические рекомендации по обеспечению противоселевой безопасности объектов экономики (часть 1). Изд. Типография ФГБОУ ВО «КБГАУ им. В.М. Кокова». – Нальчик: ВГИ, 2016. – 60 с.
4. *Анахаев К.Н., Макитов У.И., Анахаев Х.А.* Об условиях возникновения селевой опасности дождевого генезиса в горных районах // Метеорология и гидрология. – 2016. – №6. – С. 59-67.
5. «Кабардино-Балкарский ЦГМС» (Гидрометцентр), КБР, Нальчик (архив 1953-2020 гг.).
6. *Перов В.Ф.* и др. Каталог селевых бассейнов Северного Кавказа. МГУ; Москва Нальчик, 2012. – 107 с.
7. *Тумель Н.В., Флейшман С.М.* Условия формирования селей и меры борьбы с ними. Сборник «Эрозия почв и сели Кабардино-Балкарии». – Нальчик, 1970. – С. 47-57.
8. *Пащковская А.А.* Метеорологические факторы формирования и развития опасных экзогенных геологических процессов на Черноморском побережье Краснодарского края // Региональные географические исследования. Сборник научных трудов. Под общей редакцией А.В. Погорелова. – 2019. – Выпуск 2(12). – С. 48-53.
9. *Сулаквелидзе Г.К., Глушкова Н.И., Федченко Л.М.* Прогноз града, гроз и ливневых осадков. – Л., 1970. – 181 с.
10. РД 52.27.724-2019 Наставление по краткосрочным прогнозам общего назначения. ФГБУ «Гидрометцентр России». – М., 2019. – 65 с.
11. РД 52.04.563.2013 Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями. – Санкт-Петербург 2013.

References

1. *Nizhekhovskij R.A.* Navodneniya na rekah i ozerah. – L.: Gidrometeoizdat., 1989. – 184 s.
2. *Perov V.F.* Selevedenie. MGU (uchebnoe posobie). – M., 2012. – 270 s.
3. *Anahaev K.N., Gegiev K.A., Sherhov A.H., Gergokova Z.Zh.* i dr. Metodicheskie rekomendacii po obespecheniyu protivoselevoj bezopasnosti ob"ektov ekonomiki (chast' 1). Izd. Tipografiya FGBOU VO «KBGAU im.V.M. Kokova». – Nal'chik: VGI, 2016. – 60 s.
4. *Anahaev K.N., Makitov U.I., Anahaev H.A.* Ob usloviyah vzniknoveniya selevoj opasnosti dozhdevoogo genezisa v gornyh rajonah // Meteorologiya i gidrologiya. – 2016. – №6. – S. 59-67.
5. «Kabardino-Balkarskij CGMS» (Gidrometcentr), KBR, Nal'chik (arhiv 1953-2020 gg.)
6. *Perov V.F. i dr.* Katalog selevyh bassejnov Severnogo Kavkaza. MGU.; Moskva – Nal'chik, 2012. – 107 s.
7. *Tumel' N.V., Flejshman S.M.* Usloviya formirovaniya selej i mery bor'by s nimi. Sbornik «Eroziya pochv i seli Kabardino-Balkarii». – Nal'chik, 1970. – S. 47-57.
8. *Pashkovskaya A.A.* Meteorologicheskie faktory formirovaniya i razvitiya opasnyh ekzogennyh geologicheskikh processov na Chernomorskom poberezh'e Krasnodarskogo kraja. // Regional'nye geograficheskie issledovaniya. Sbornik nauchnyh trudov. Pod obshej redakciej A.V. Pogorelova. – 2019. – Vypusk 2(12). – S. 48-53.
9. *Sulakvelidze G.K., Glushkova N.I., Fedchenko L.M.* Prognoz grada, groz i livnevnyh osadkov. – L., 1970. – 181 s.
10. RD 52.27.724-2019 Nastavlenie po kratkosrochnym prognozam obshchego naznacheniya. FGBU «Gidrometcentr Rossii». – M., 2019. – 65 s.
11. RD 52.04.563.2013 Instrukciya po podgotovke i peredache shtormovyh soobshchenij nablyudatel'nymi podrazdeleniyami. – Sankt-Peterburg 2013.