

studentov, aspirantov i molodykh uchennykh, posvyashchenoy 85-letiyu BGITA. Bryansk, 03–05 iyunya 2015 g. [Human Environment: natural, Man-Made, Social. Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists dedicated to the 85<sup>th</sup> anniversary of BGITA. Bryansk, June 03–05, 2015], Bryansk, Bryansk State Academy of Engineering and Technology Publ. House, 2015, pp. 278–282.

16. Tatarintsev S. A. Transportnaya infrastruktura Astrakhanskoj oblasti kak faktor tekhnogennoy opasnosti territorii [Transport infrastructure of the Astrakhan region as a factor of technogenic danger of the territory]. *Ekologiya Rossii na puti k innovatsiyam : mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov* [Ecology of Russia on the Way to Innovation. Proceedings], Astrakhan, Nizhnevolzhskiy ekotsentr Publ., 2016, issue 13, pp. 124–126.

17. Tatarintsev S. A., Abbazova Ye. V., Tokareva N. I., Nekrasova K. M. Gradostroitel'naya deyatel'nost' kak faktor tekhnogennoy opasnosti territorii [Urban planning activity as a factor of technogenic danger of the territory]. *Antropogennaya transformatsiya prirodnoy sredy* [Anthropogenic transformation of the natural environment], 2016, no. 2, pp. 230–238.

18. Shuvaev N. S., Kolchin Ye. A., Arnaut O. I., Barmina Ye. A., Shuvaeva O. O. Vliyaniye avtotransporta na ekologicheskoye sostoyaniye goroda Astrakhani [The impact of vehicles on the ecological state of the city of Astrakhan]. *Ekologiya Rossii na puti k innovatsiyam : mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov* [Ecology of Russia on the Way to Innovation. Proceedings], Astrakhan, Nizhnevolzhskiy ekotsentr Publ., 2012, issue 6, pp. 216–219.

## ГЕОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЕЛЕВЫХ РИСКОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА

**Панина Ольга Владимировна**, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Кубанский государственный университет, 350040, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: panina\_olga@inbox.ru

**Донцова Ольга Леонидовна**, кандидат географических наук, доцент, Кубанский государственный университет, 350040, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: doncovaol@mail.ru

В статье рассмотрены основные задачи, стоящие перед анализом селевой опасности. Они сводятся к установлению основных факторов, приводящих к формированию селей, получению данных наблюдаемых процессов как с качественной, так и с количественной стороны, а также на основании найденных закономерностей разработки методов развития процессов и их прогноза. Определено несколько этапов исследований. На каждом из участков был дан анализ характера четвертичных образований, так как они являются основным источником селевой активности. Изучены современные карты Google maps и аэроснимки Google Earth на предмет расположения элементов рельефа в пространстве и получения основных сведений о подверженности территории селевым явлениям в настоящее время. Проведен прогноз и оценка риска селевой опасности изучаемой территории.

**Ключевые слова:** селевые явления, маршрутные наблюдения, сравнительный анализ, математические, теоретические и численные методы, оценка риска, идентификация источника селевой опасности, селевой риск, селевая опасность, оценка степени уязвимости, защищенности

## MAIN GEOLOGICAL AND ECOLOGICAL FORECASTING RIVER RISKS OF THE NORTH-WEST CAUCASUS

**Panina Olga V.**, C.Sc. in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Kuban State University, 149 Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russian Federation, e-mail: panina\_olga@inbox.ru

*Dontsova Olga L.*, C.Sc. in Geography, Associate Professor, Kuban State University, 149 Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russian Federation, e-mail: doncovaol@mail.ru

The main problems facing the analysis of mudflow hazard are considered in the article, which are reduced to the establishment of the main factors leading to the formation of mudflows, the obtaining of data from the observed processes both qualitatively and quantitatively, and also on the basis of the found regularities, the development of methods for the development of processes and their forecast. Several stages of research have been determined at each site, an analysis has been made of the nature of quaternary formations, since they are the main source of mudflow activity. The study of modern maps Google maps and Google Earth aerial photographs was carried out for the location of elements of the relief in space and obtaining basic information about the susceptibility of the territory to mudflow phenomena at the present time. A forecast and an assessment of the risk of mudflow hazard of the study area are carried out.

**Keywords:** mudflow phenomena, route observations, comparative analysis, mathematical, theoretical and numerical methods, risk assessment, mudflow source identification, mudflow risk, mudflow hazard, vulnerability assessment, security

Хозяйственное освоение горной части г. Новороссийска определяет необходимость глубокого и всестороннего изучения опасных геологических процессов и явлений, вызывающих стихийные бедствия, к числу которых относятся селевые явления.

В соответствии с этим, задачи, стоящие перед анализом селевой опасности, сводятся к установлению основных факторов, приводящих к формированию селей, получению данных наблюдаемых процессов как с качественной, так и с количественной стороны, а также на основании найденных закономерностей разработки методов развития процессов и их прогноза [4–11].

В рамках данного вопроса авторами были использованы личные маршрутные наблюдения, сравнительный анализ аэроснимков разных периодов, а также математические, теоретические и численные методы.

Для достижения поставленной задачи было определено несколько этапов исследований. В рамках первого этапа вся изучаемая территория была разбита на четыре района по территориальному признаку, после чего проанализированы теоретические материалы авторов разных лет на предмет анализа геологической изученности территории. В ходе маршрутных исследований, которые были проведены в рамках второго этапа, на каждом из участков был дан анализ характера четвертичных образований. Ведь именно они являются основным источником селевой активности. В рамках третьего этапа изучены современные карты Google maps и аэроснимки Google Earth на предмет расположения элементов рельефа в пространстве и получения основных сведений о подверженности территории селевым явлениям в настоящее время. В рамках четвертого этапа проведен прогноз и оценка риска селевой опасности изучаемой территории.

На изучаемой территории основными причинами возникновения селей являются геологическое, геоморфологическое, гидрологическое строение района, а также климатические факторы и различные виды хозяйственной деятельности человека [3]. Литологический состав, как характеристика геологического строения участка, практически диктует возможность возникновения селя в данном месте.

В Южном районе практически повсеместно коренные породы покрыты чехлом рыхлых гравитационных, элювиально-делювиальных, аллювиальных и пролювиальных образований, которые различны по составу и мощности. В районе урочища Широкая балка пос. Рыбачий четверичные отложения покрывают коренные породы чехлом мощностью до 20–25 м. Поскольку эти отложения находятся на крутых склонах, то они служат источником образования опасных экзогенных геологических процессов, таких как оползни, осыпи и при наличии большого количества осадков возможно образование селей. По маршруту на северо-восток на всей протяженности Палангиной щели от НСТ «Прибой» мощность четверичных отложений уменьшается. Однако размерность гравийного материала, входящего в состав отложений, увеличивается, достигая в некоторых частях разреза от 0,06 до 0,5 м. Все это говорит о неоднозначности динамики потока. Делювиально-оползневые образования весьма широко распространены и залегают на склонах г. Колдун и представлены суглинками желтовато-светло-серыми с щебнем, дресвой и мелкими глыбами песчаников. Пролувиальные отложения слагают конусы выноса в устье Палангиной щели и представлены щебнем и дресвой с суглинистым заполнителем. Мощность отложений не превышает 4,0 м. Исключением является конус выноса в левом борту Палангиной щели у северо-западного подножья г. Колдун, на поверхности которого расположена восточная часть пос. Федотовка, мощность его отложений достигает 50 м.

Селевая деятельность Центрального и Приморского районов определяется наличием водной системы реки Цемес, которая спускается с северо-восточного склона горы Гудзева, имеет длину 15 км и площадь водосбора 71 км<sup>2</sup>. Форма бассейна симметрична, вытянута с северо-запада на юго-восток. Русло реки проходит через центральную часть территории, что и определяет направление движения селевой массы в период затоплений. На изучаемой площади четверичные отложения покрывают коренные породы чехлом небольшой мощности (до 3–6 м). По натурным наблюдениям авторов во время наводнений за период с 2011 по 2017 г. общей особенностью селевой смеси в этом районе служит ее полидисперсность: здесь присутствуют обломки от пылеватых до валунов с поперечником 1,5 м и более. В основном здесь преобладают пылевато-глинистые, песчаные и гравийно-галечные фракции.

Анализ топокарт и аэроснимков Восточного района позволил составить представления о расположении элементов рельефа в пространстве и их соотношении, получить основные сведения об участках исследования и их подверженности селевым явлениям. Согласно статистическим данным за период с 2011 по 2017 г. восточный район характеризуется наименьшей селевой активностью, хотя по аэрофотоснимкам здесь выделено наибольшее количество непротяженных селевых врезов временных водотоков. Коренные породы покрыты чехлом в основном рыхлых гравитационных образований мощностью до 3–5 м.

Для проведения прогноза селевой опасности и риска необходимо понимание основных критериев оценки, которые включают в себя определения основных источников [2].

Селевая опасность – источник потенциального ущерба либо вреда или ситуация при формировании селевого потока с возможностью нанесения ущерба, а селевой риск – это сочетание частоты или вероятности формирования селя с определенными характеристиками и последствий от этого опасного события.

Идентификация источника селевой опасности включает:

- определение характеристик источника опасности в селевом бассейне (генезис селевых явлений, селевой режим, механизм зарождения и движения селей, аккумуляция селевых выносов);
- определение зон потенциального воздействия селей в бассейнах;
- составление сценариев селевого режима и прогнозирование селевой активности;
- идентификация объектов в зоне воздействия селевых явлений;
- выявление реципиентов социосферы, техносферы и экосферы;
- определение характеристик реципиентов (устойчивость, значимость);
- оценка степени защищенности или уязвимости конкретных объектов к воздействию селей [8].

Оценка количественного селевого риска основывается на общепринятой структурной формуле:

$$\text{Риск} = \text{вероятность события} \times \text{возможные последствия.}$$

Эта формула носит общий характер и применима к оценке любых рисков от опасных процессов. Исходя из формулы риска, в настоящей работе под селевым риском понимается вероятность неблагоприятного исхода при попадании людей и материальных объектов в зону действия селей. Любой опасный процесс характеризуется временем, местом реализации и размером возможного ущерба. Поэтому для детализации и подсчета риска были введены три составляющих: временная, пространственная и антропогенная. Временная представляет собой длительность селеопасного периода и частоту активизации процесса. Пространственная составляющая характеризуется площадью селеопасных русел и их количеством, применимо к анализируемому объекту. Антропогенная компонента риска определяется нагрузкой на склон, количеством людей в возможной зоне воздействия процесса.

Таким образом, при расчете рисков необходимо оценить вероятность рассматриваемого явления. Для этого использовались картографические материалы (карты селевой опасности и активности), а также статистические и архивные данные о случаях схода селевых потоков на данной территории.

При окончательной численной оценке возможного риска требуется введение единого показателя риска. В качестве такого показателя в данной работе используется возможное количество жертв в год.

Таким образом, на основе формулы риска проводим количественную оценку риска. Для этого дается конкретное значение для каждой из компонентов риска. Так в качестве временной компоненты принимается фоновая частота ( $w$  – повторяемость селей, 1 / год). Для уточнения временного интервала вводится параметр, характеризующий временной промежуток, несущий в себе наибольшую вероятность возникновения селя в этот период – доля селеопасного периода в год ( $a$ ). Селеопасным периодом принимается отрезок времени с февраля по май и с сентября по ноябрь. Таким образом, доля селеопасного периода составляет 0,58.

Для оценки пространственной составляющей используется отношение таких характеристик, как количество селевых потоков к их площади. При подготовке работы были просчитаны площади селевых бассейнов, угрожающих непосредственно объекту и их количество.

В качестве оценки антропогенной компоненты риска принимается количество людей в селеопасной зоне. Здесь стоит уточнить, что ввиду различной турбистической нагрузки в разные периоды, требуется несколько расчетов по этой составляющей риска. Максимальный риск рассчитывается из общего числа людей, которые могут находиться на объекте. Стандартные значения рассчитываются из числа туристов, которые могут находиться в пределах зоны воздействия селя.

Кроме того, используется параметр  $k$ , как уточняющий вероятность достижения селем объекта. В данном случае также признается необходимость в рассмотрении нескольких сценариев развития событий. В первом блоке расчета рисков принимается вероятность достижения селем объекта равной 1, т.е. 100 %. Во втором сценарии принимается вероятность равная 0,5.

Учитывается возможность корректировки значения риска в меньшую сторону, ввиду инженерных мероприятий по защите территории от селевых процессов. Однако, поскольку подробная информация на этот счет отсутствует, то учитываться в расчетах понижающий коэффициент не будет.

Повторяемость схода селевых потоков просчитывалась средняя для каждого водотока и общая для объекта по архивным данным и данным научных публикаций.

Таким образом, были определены все необходимые параметры для оценки риска для рассматриваемых объектов.

На основании полученных данных авторами были проведены математические расчеты по анализу скорости движения селевого потока и определению риска выделенных участков. Расчет средней скорости водокаменных селей был проведен по методике Ю.Б. Андреева, А.Н. Божинского:

$$v = 4,5 \cdot h \cdot 0,67 \cdot i \cdot 0,17, \quad (1)$$

где  $h$  – средняя глубина потока, м;  $i$  – продольный уклон русла на участке. Также скорость потока была определена по экспресс-методу, который связан с предельным размером транспортируемых потоком наносов:

$$v = 4 \sqrt{d_{\text{макс}}}, \quad (2)$$

где  $d$  – линейный размер обломка в метрах, а 4 – среднее значение параметра, учитывающее все другие элементы формулы.

Для расчета риска объектов, опираясь на научные разработки, была использована следующая формула:

$$R = a \cdot k \cdot w \cdot (m \div n) \cdot f, \quad (3)$$

где  $a$  – доля селеопасного периода;  $k$  – вероятность достижения селем хозяйственных объектов;  $w$  – повторяемость селей, 1 / год;  $m$  – число селеопасных русел в пределах площади объекта;  $n$  – площадь селевых водотоков;  $R$  – показатель риска территории (%). Параметры  $w$ ,  $m$ ,  $n$  рассчитываются индивидуально для каждого выделенного участка и определяются природоохранными организациями [1].

Расчеты по анализу риска показали, что наибольшим значением обладает Центральный район ( $R = 78 \%$ ), далее следует Южный район ( $R = 56 \%$ ), потом Приморский и Восточный районы соответственно ( $R = 36 \%$  и  $R = 29 \%$ ). Эти расчеты подтверждены и натурными исследованиями авторов. Можно сделать вывод, что основным фактором образования селей является техногенный. Генезис селевых потоков на изучаемой территории в основном дождевой, по составу твердой составляющей селевых потоков это грязекаменные сели, переходящие в наносоводные селевые потоки и водно-каменные сели (рис.).



Рис. Последствия селевого потока в Палангиной щели  
г. Новороссийска 18 сентября 2016 г. (фото авторов)

Полученные результаты отражают современную картину проблемы селевой деятельности. Они могут быть включены в рамки комплекса превентивных мер прогноза и предотвращения развития опасных экзогенных геологических процессов для изучаемой территории.

#### Список литературы

1. Андреев Ю. Б. Проблемы оценки и картографирования природного риска (на примере лавин и селей) / Ю. Б. Андреев, Н. А. Боженский // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 1996. – № 3. – С. 55–60.
2. Бабурин, В.Л. Экономический и социальный селевой риск на Черноморском побережье Кавказа / В. Л. Бабурин, С. А. Гаврилова, Ю. Г. Селиверстов, С. А. Сократов, А. Л. Шныпарков // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита : сб. докл. III Междунар. конф. – 2014, С. 101 – 105
3. Граф К. Моделирование селевого потока до и после строительства защитных сооружений: пример из Швейцарских Альп / К. Граф, Б. В. Мак-Арделл // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита : тр. Междунар. конф. – 2008. – С. 233–241.
4. Казаков Н. А. Условия формирования селевых паводков в малых водотоках / Н. А. Казаков, З. И. Жукова // Природные катастрофы и стихийные бедствия в Дальневосточном регионе. – Владивосток : ДВО АН СССР, 1990. – Т. 2. – С. 394.
5. Мирцхулава Ц. Е. Прогноз уязвимости состояния объектов от селевых воздействий и перспективные направления исследований / Ц. Е. Мирцхулава // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита : тр. Междунар. конф. – 2008. – С. 70–76.
6. Перов В. Ф. Селеведение : учеб. пос. / В. Ф. Перов. – Москва : МГУ, 2012. – С. 274.
7. Таланов Е. А. Региональная оценка эколого-экономического риска от водной эрозии и селей / Е. А. Таланов. – ДООИВА Медеуского р-на г. Алматы, 2007. – С. 9–15.
8. Таланов Е. А. Селевой риск: теоретические основы и практическая значимость / Е. А. Таланов // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита : тр. Междунар. конф. – 2008. – С. 74.
9. Черноморец С. С. Селевые очаги до и после катастроф : монография / С. С. Черноморец. – Москва : Научный мир, 2005. – 184 с.

10. Фиебигер Ж. Контроль селей с помощью цепи функций: опыт применения / Ж. Фиебигер // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита : тр. Междунар. конф. – 2008. – С. 363–368.

11. Шныпарков А. Л. Селевой риск на Черноморском побережье Кавказа / А. Л. Шныпарков, П. К. Колтерманн, Ю. Г. Селиверстов, С. А. Сократов, В. Ф. Перов // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2013. – № 3. – С. 42–48.

#### References

1. Andreev Yu. B., Bozhenskiy N. A. Problemy otsenki i kartografirovaniya prirodnogo riska (na primere lavin i seley) [Problems of assessment and mapping of natural risk (on the example of avalanches and mudflows)]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya* [Bulletin of Moscow University. Series 5: Geography], 1996, no. 3, pp. 55–60.

2. Baburin V. L., Gavrilova S. A., Seliverstov Yu. G., Sokratov S. A., Shnyparkov A. L. Ekonomicheskiy i sotsialnyy selevoy risk na Chernomorskom poberezhe Kavkaza [Economic and social mudflow risk on the Black Sea coast of the Caucasus]. *Selevye potoki: katastrofy, risk, prognoz, zashchita : sbornik dokladov III Mezhdunarodnoy konferentsii* [Riparian Flows: Catastrophes, Risk, Prognosis, Protection. Proceedings of the III International Conference], 2014, pp. 101–105.

3. Graf K., Mak-Ardell B. V. Modelirovanie selevogo potoka do i posle stroitelstva zashchitnykh sooruzheniy: primer iz Shveysarskikh Alp [Simulation of the mudflow before and after the construction of protective structures: an example from the Swiss Alps]. *Selevye potoki: katastrofy, risk, prognoz, zashchita : trudy Mezhdunarodnoy konferentsii* [Mudflows: Catastrophes, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the International Conference], 2008, pp. 233–241.

4. Kazakov N. A., Zhukova Z. I. Usloviya formirovaniya selevykh pavodkov v malykh vodotokakh [Conditions for formation of mudflows in small streams]. *Prirodnye katastrofy i stikhiynye bedstviya v Dalnevostochnom regione* [Natural Catastrophes and Natural Disasters in the Far Eastern Region], Vladivostok, Far Eastern Branch of the USSR Academy of Sciences Publ. House, 1990, vol. 2, pp. 394.

5. Mirskhulava Ts. Ye. Prognoz uyazvimosti sostoyaniya obektov ot selevykh vozdeystviy i perspektivnye napravleniya issledovaniy [Forecast of the vulnerability of the state of objects from mudflow impacts and perspective directions of research]. *Selevye potoki: katastrofy, risk, prognoz, zashchita : trudy Mezhdunarodnoy konferentsii* [Mudflows: Disaster, Risk, Prognosis, Protection. Proceedings of the International Conference], 2008, pp. 70–76.

6. Perov V. F. *Selovedenie* [Village lead], Moscow, Lomonosov Moscow State University publ. House, 2012, pp. 274.

7. Talanov Ye. A. Regionalnaya otsenka ekologo-ekonomicheskogo riska ot vodnoy erozii [Regional assessment of the ecological and economic risk from water erosion and mudflows], DOIVA Medeu district of Almaty Publ. House, 2007, pp. 9–15.

8. Talanov Ye. A. Selevoiy risk: teoreticheskie osnovy i prakticheskaya znachimost [Mudflow risk: theoretical basis and practical significance]. *Selevye potoki: katastrofy, risk, prognoz, zashchita : trudy Mezhdunarodnoy konferentsii* [Mudflows: Catastrophes, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the International Conference], 2008, pp. 74.

9. Chernomorets S. S. *Selevye ochagi do i posle katastrof* [Debris pockets before and after disasters], Moscow, Nauchnyy mir Publ., 2005. 184 p.

10. Fiebigger Zh. Kontrol seley s pomoshchyu tsepi funktsiy: opyt primeneniya [Control of mudslides by means of a chain of functions: experience of application]. *Selevye potoki: katastrofy, risk, prognoz, zashchita : trudy Mezhdunarodnoy konferentsii* [Mudflows: Catastrophes, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the International Conference], 2008, pp. 363–368.

11. Shnyparkov A. L., Koltermann P. K., Seliverstov Yu. G., Sokratov S. A., Perov V. F. Selevoiy risk na Chernomorskom poberezhe Kavkaza [Mudflow risk on the Black Sea coast of the Caucasus]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya* [Bulletin of Moscow University. Series 5: Geography], 2013, no. 3, pp. 42–48.