Сборник трудов
III Международной конференции

«Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита»

Южно-Сахалинск, 22-26 сентября 2014 г.

Proceedings
III International Conference

“Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection”

Yuzhno-Sakhalinsk, September 22–26, 2014

УДК: 551.3+551.4+551.5+551.6
ББК 26.3+26.8

III Международная конференция «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита»: сборник докладов, Южно-Сахалинск, 22-26 сентября 2014 г. / Отв. редактор Н.А. Казаков - Южно-Сахалинск, Сахалинский филиал ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН. - 272 с.

В сборнике представлены тезисы докладов III Международной конференции «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита», проходившей 22-26 сентября 2014 г. в г.Южно-Сахалинске. Доклады конференции посвящёны рассмотрению фундаментальных аспектов исследования селевых процессов и гидрометеорологических процессов на горных территориях, оценке современного уровня фундаментальных знаний о селях, перспективам исследования их фундаментальных свойств, а также прикладным вопросам прогнозирования селей и проектирования сооружений противоселевой защиты.

Редакционная коллегия: к.г.-м.н. Казаков Н.А. (отв. редактор)
к.г.н. Лобкина В.А.
Казакова Е.Н.
Музыченко А.А.

Рецензент: к.г.н. Черноморец С.С.

UDK: 551.3+551.4+551.5+551.6
BBK 26.3+26.8

III International Conference «Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection»: proceedings, Yuzhno-Sakhalinsk, September 22–26, 2014 / Editor-in-chief Kazakov N.A. - Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, Sakhalin Department of Far East Geological Institute FEB RAS. - 272 p.

In the proceedings of the III International Conference «Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection» passing in Yuzhno-Sakhalinsk are presented on September, 22-26, 2014. Conference reports are devoted consideration of fundamental aspects of research of a Debris flows and hydrometeorological processes on mountain territories, estimation of modern level of fundamental knowledge of Debris flows, prospects of research of their fundamental properties and also to the applied questions of forecasting and protection from Debris flows.

Editorial college: Ph.D Kazakov N.A. (editor-in-chief)
Ph.D Lobkina V.A.
Kazakova E.N.
Muzychenko A.A.

Reviewer: Ph.D Chernomorets S.S.

©Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, 2014
©Селевая ассоциация, 2014
©Типография ИМГиГ ДВО РАН, 2014

ISBN 978- 5-7442-1584-2

ОРГАНИЗАТОРЫ

- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения Российской академии наук
- Правительство Сахалинской области
- Селевая ассоциация
- ОАО «Севкавгипроводхоз»
- Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет
- Лаборатория физической географии Национального Центра Научных Исследований Франции и Университета Париж-1 Пантеон-Сорбонна
- Институт Горных Опасностей и Окружающей Среды Китайской Академии наук

ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Конференция проводится при финансовой поддержке следующих организаций:

- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток
- Правительство Сахалинской области, г. Южно-Сахалинск
- Федеральное агентство научных организаций, г. Москва
- Автономная некоммерческая организация научно-исследовательский центр по изучению геодинамических процессов «ГЕОДИНАМИКА», г. Южно-Сахалинск
- ООО НПО «Гидротехпроект», г. Санкт-Петербург
- Geobrugg AG, г. Москва
- ООО «Журнал "Инженерная защита"», г. Санкт-Петербург

ORGANIZERS

- Far East Geological Institute of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences (FEGI FEB RAS), Vladivostok, Russia
- Government of the Sakhalin Region, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
- Debris Flow Association, Pyatigorsk, Russia
- North Caucasian Engineering and Design Institute for Water Industry and Land Reclamation «Sevkavgiprovodkhoz», Pyatigorsk, Russia
- Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia
- Laboratory of Physical Geography, National Centre for Scientific Research, University Paris I Panthéon-Sorbonne, Paris, France
- Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu, China

FINANCIAL SUPPORT

This meeting will be supported by:

- Far East Geological Institute of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok
- Government of the Sakhalin region, Yuzhno-Sakhalinsk
- Federal Agency of Scientific Organizations, Moscow
- Nonprofit Organization Research Center for the Study of Geodynamic Processes "Geodynamics", Yuzhno-Sakhalinsk
- Scientific and Production Association "Gidrotehproekt", Saint-Petersburg
- Geobrugg AG, Moscow
- Open JSC «Journal "Engineering protection"», Saint-Petersburg

СОПРЕДСЕДАТЕЛИ

- академик Ханчук А.И., член Президиума РАН, директор ДВГИ ДВО РАН, Владивосток, Россия
- Носов К.Н., генеральный директор ОАО «Севкавгипроводхоз», президент Селевой ассоциации, заслуженный мелиоратор РФ, Пятигорск, Россия
- д.э.н. Хорошавин А.В., губернатор Сахалинской области, Южно-Сахалинск, Россия
- доктор Винсент Джомелли, директор по исследованиям, Лаборатория физической географии Национального Центра Научных Исследований Франции и Университета Париж-1 Пантеон-Сорбонна, Париж, Франция
- профессор Фанцян Вэй, заместитель директора Института Горных Опасностей и Окружающей Среды Китайской Академии наук, Чэнду, Китай

ЗАМЕСТИТЕЛИ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ

к.г.-м.н. Казаков Н.А., директор Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия
к.г.н. Черноморец С.С., учёный секретарь Селевой ассоциации, член Президиума Селевой ассоциации, Москва, Россия
к.г.-м.н. Запорожченко Э.В., вице-президент Селевой ассоциации, заместитель генерального директора по научной работе ОАО «Севкавгипроводхоз», Пятигорск, Россия
к.э.н. Хоточкин С.В., заместитель председателя Правительства Сахалинской области, Южно-Сахалинск, Россия

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

к.г.-м.н. Генсиоровский Ю.В., с.н.с. лаборатории лавинных и селевых процессов Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

CO-CHAIRMAN

- Academician Khanchuk A.I., Presidium Member of Russian Academy of Sciences, Director FEGI FEB RAS, Vladivostok, Russia
- Nosov K.N., General Director of the Sevkavgiprovodkhoz Institute, President of the Debris Flow Association, Pyatigorsk, Russia
- Dr.Sc. Khoroshavin A.V., The Governor of the Sakhalin Region, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
- Ph.D. Jomelli V., Director of Research, Laboratory of Physical Geography, CNRS and Pantheon-Sorbonne University Paris 1, Paris, France
- Prof. Wei F., Vice-Director Institute of Mountain Hazards and Environment Chinese Academy of Sciences, Chengdu, China

DEPUTY CHAIRPERSON

Ph.D. Kazakov N.A., Director Sakhalin Department of FEGI FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
Ph.D. Chernomorets S.S., Scientific Secretary of the Debris Flow Association, Presidium Member of the Debris Flow Association, Moscow, Russia
Ph.D. Zaporozhchenko E.V., Vice-President of the Debris Flow Association, Deputy Director of Sevkavgiprovodkhoz Institute, Pyatigorsk, Russia
Ph.D. Khotochkhin S.V., Deputy Chairman of the Government of the Sakhalin Region, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

SENIOR SECRETARY

Ph.D. Gensiorovskiy Yu.V., Senior Researcher laboratory of Avalanche and Debris Flow Processes Sakhalin Department of FEGI FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

ОРГКОМИТЕТ

к.г.н. Баринов А.Ю., директор представительства Geobrugg AG в России, Москва, Россия
д.г.н. Болов В.Р., начальник Всероссийского Центра мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера МЧС РФ «Антистихия», Москва, Россия
проф., д.т.н. Гавардашвили Г.В., директор Института водного хозяйства Грузии, Тбилиси, Грузия
проф., д.г.н. Глазырин Г.Е., профессор Национального университета Узбекистана, Ташкент, Узбекистан
проф., д.г.н. Ефремов Ю.В., профессор Кубанского государственного университета, Краснодар, Россия
проф. Женевуа Р., профессор кафедры Наук о Земле Университета Падуя, Падуя, Италия
д.г.-м.н. Лапердин В.К., с.н.с. Института земной коры СО РАН, Иркутск, Россия
проф., д.г.н. Лукашов А.А., профессор географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
проф., д.г.н. Медеу А.Р., директор Института географии Казахстана, Алматы, Казахстан
к.г.-м.н. Молдобеков Б.Д., директор Центрально-Азиатского института прикладных исследований Земли, Бишкек, Киргизия
к.п.н. Молчанов К.Я., начальник управления науки и инноваций министерства экономического развития Сахалинской области, Южно-Сахалинск, Россия
к.г.н. Петраков Д.А., с.н.с. географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
к.г.-м.н. Петров М.А., заведующий лабораторией Института геологии и геофизики Национальной Академии наук Узбекистана, Ташкент, Узбекистан
проф., д.г.н. Рудой А.Н., профессор Томского государственного университета, Томск, Россия
проф., д.г.н. Степанов Б.С., г.н.с. Казахского научно-исследовательского института экологии и климата, Алматы, Казахстан
к.т.н. Тапасханов В.О., директор Высокогорного геофизического института Росгидромета, Нальчик, Россия
к.г.н. Тер-Минасян Р.О., с.н.с. Ереванского государственного университета архитектуры и строительства, Ереван, Армения
проф. Чоу С.-Т., профессор Национального Центрального университета, Чунгли, Тайвань

ORGANIZING COMMITTEE

Ph.D. Barinov A.Y., Director of Geobrugg AG representation in Russia, Moscow, Russia
Dr.Sc. Bolov V.R. Chief, ANTISTIKHIYA center of Ministry of Emergency Situations, Moscow, Russia
Prof. Chou H.-T., National Central University, Zhongli, Taiwan
Prof. Efremov Y.V., Kuban State University, Krasnodar, Russia
Prof. Glazyrin G.E., National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan
Prof. Gavardashvili G.V. Director Georgian Institute of Water Management, Tbilisi, Georgia
Prof. Genevois R., Department of Geosciences, University of Padova, Padova, Italy
Dr.Sc. Laperdin V.R., Senior Researcher, Institute of the Earth's Crust Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia
Prof. Lukashov A.A., Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
Ph.D. Moldobekov B.D., Co-Director, Central-Asian Institute of Applied Geosciences, Bishkek, Kyrgyzstan
Ph.D. Petrakov D.A., Senior Researcher, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
Ph.D. Petrov M.A., Laboratory chief, Institute of Geology and Geophysics of the National Academy of Sciences of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan
Prof. Rudoy A.N., Tomsk State University, Tomsk, Russia
Prof. Medeu A.R., Director, Institute of Geography of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan
Ph.D. Molchanov K.Y., Ministry of Economic Development of Sakhalin region, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
Prof. Stepanov B.S., Chief Researcher, Kazakh Scientific Research Institute on Ecology and Climate, Almaty, Kazakhstan
Ph.D. Tapaskhanov V.O., Director, High-Mountain Geophysical Institute of Roshydromet, Nalchik, Russia
Ph.D. Ter-Minasyan R.O. Senior Researcher, Institute of Water Research and Hydrotechnics, Yerevan, Armenia

ПРЕДИСЛОВИЕ

В 2008 году в г. Пятигорске по инициативе Селевой ассоциации была проведёна I Международная конференция «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита».

II Международная конференция «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита», посвященная 100-летию со дня рождения Семёна Моисеевича Флейшмана – выдающегося исследователя селевых потоков, автора учебника «Сели», председателя Селевой комиссии, руководителя отдела селей в лаборатории снежных лавин и селей географического факультета МГУ, – была проведёна в г. Москве в 2011 году.

III Международная конференция «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита», организованная в 2014 году в г. Южно-Сахалинске по инициативе Селевой ассоциации, продолжает традицию проведения в России международных селевых конференций.

Организаторами конференции выступили ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Селевая ассоциация, Правительство Сахалинской области, ОАО «Севкавгипроводхоз», Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (географический факультет), Лаборатория физической географии Национального Центра Научных Исследований Франции и Университета Париж 1 Пантеон-Сорбонна, Институт Горных Опасностей и Окружающей Среды Китайской Академии наук.

Доклады конференции посвящены рассмотрению фундаментальных вопросов исследования селевых процессов, оценке современного уровня фундаментальных знаний о селях и перспективам их изучения. Главные цели конференции – определение фундаментальных задач селеведения и направлений перспективных исследований селевых процессов, а также пути решения прикладных задач по защите территорий, объектов и сооружений от негативного воздействия селей.

Поскольку полнота знаний о селевых процессах зависит от понимания роли в селеобразовании многих природных процессов (в первую очередь геологических и гидрометеорологических), тематика конференции расширена секцией «Горная гидрометеорология» – одним из наименее разработанных разделов гидрометеорологии, при этом весьма востребованным при решении многих проблем селеведения.

Помимо обсуждения фундаментальных научных вопросов часть тематики конференции посвящена рассмотрению прикладных вопросов селеведения: применению знаний о селевых процессах при освоении территорий в селеопасных регионах и проблемам селезащиты.

Представляется, что такое расширение тематики конференции оправдано, поскольку многие инженерные задачи, стоящие перед обществом, можно решить только с использованием научных знаний, полученных при проведении фундаментальных исследований.

Кроме того, представляется важным ознакомить зарубежных учёных с результатами исследований селевых процессов, которые проводятся Российскими научными организациями, и, в свою очередь, ознакомить российских учёных с работами их зарубежных коллег.

Я надеюсь, что конференция будет способствовать укреплению связей и расширению контактов как между Российскими, так между зарубежными научными организациями и исследователями.

Н.А. Казаков

PREFACE

The I International Conference «Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection» was conducted in 2008 in Pyatigorsk (Russia) on the initiative of the Debris Flow Association.

The II International Conference «Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection» was devoted to the centenary of the birth of Semen Fleyshman who was the prominent researcher of debris flows. It was conducted in 2011 in Moscow.

The III International Conference «Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection» was organized in 2014 in Yuzhno-Sahalinsk on the initiative of the Debris Flow Association. This Conference carried on the tradition of the International Debris Flow conferences in Russia.

Organizers of the Conference are: the Far East Geological Institute of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Science (Vladivostok); the Government of the Sakhalin Region; Debris Flow Association; North Caucasian Engineering and Design Institute for Water Industry and Land Reclamation «Sevkavgiprovodkhoz»; Moscow State University, Faculty of Geography; Laboratory of Physical Geography, National Centre for Scientific Research, University Paris I Panthéon-Sorbonne; Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS.

The Conference proceedings are devoted to consideration of basic researches of debris flow processes and estimation of its modern level and prospects. The main purposes of the Conference are determination of the fundamental tasks of debris flow researches and the ways of solution of applied problems of the protection of territories, objects and buildings from negative influence of debris flows.

The completeness of knowledge about debris flow processes depends on understanding of the role of many natural processes (above all things geological and hydrometeorological) in debris flow formation. That is why the subject of Conference was extended on a section "Mountain hydrometeorology" which is one of the least developed section of hydrometeorology.

Besides the discussion of fundamental scientific questions a part of subject of Conference is devoted to consideration of the applied problems of debris flow researches. It is an application of knowledge about debris flow processes at territory development in debris flow danger regions and problems of debris flow protection. Such expansion of subject of conference is justified because many engineering tasks are possible to solve only using fundamental scientific knowledge.

In addition, it is important to acquaint a foreign scientists with the results of debris flow researches carried out by Russian scientific organizations and conversely.

I hope that the Conference will be instrumental in strengthening of connections and expansion of contacts between Russian and foreign scientific organizations and researchers.

N.A. Kazakov

Раздел I
Селевые потоки:
глобальный и региональный анализ

Part I
Debris flows: a global and regional analysis

СЕЛЕВАЯ АКТИВНОСТЬ В АРМЕНИИ

Бойнагрян В.Р., Бойнагрян А.В., Манукян Н.В.

Ереванский государственный университет, Ереван, Армения

Рассматриваются современная активность селей в Армении, причины их формирования, оценка опасности и риска, меры защиты. Наибольшая распространенность селей отмечается в СВ и ЮВ районах. За период с 1987 по 2013 гг. в республике было 292 случая формирования селей и 193 случая паводков. Наибольшее число селей (61) за этот период приходится на 2007 г. Сели в республике чаще всего образуются в мае и июне. В эти же месяцы отмечается наибольшая частота выпадения града и ливневых дождей. Рассматриваются параметры некоторых селей в республике. Предлагаются меры защиты антропогенных объектов от селей.

Ключевые слова: Армения, сели, защита.

DEBRIS FLOW ACTIVITY IN ARMENIA

Boynagryan V.R., Boynagryan A.V., Manukyan N.V.

Y*erevan State University, Yerevan, Armenia*

Modern debris flow activity in Armenia, the causes of their formation, danger and risk assessment, protective measures are considered. The highest spreading of debris flows is marked in the north-eastern and south-eastern regions. During the period from 1987 to 2013 292 cases of forming of debris flows and 193 cases of floods were noted in the republic. The greatest number of debris flows (61) during of this period occurred in 2007. Debris flows in the republic occur usually in May and June. The greatest frequency of fall of hail and heavy rains are marked in these months. Parameters of some debris flows in the republic are considered. Measures of protection of anthropogenic objects from debris flows are proposed.

Key words: Armenia, debris flows, protection.

Введение

Армения относится к тем горным странам, где селевые процессы довольно активны. Это связано с природными условиями республики, где преобладают крутые склоны, нередко почти полностью лишенные растительного покрова; интенсивно протекают процессы физического выветривания горных пород; часты ливни с градом; русла водотоков отличаются большими падениями; в бассейнах селеносных рек имеется много рыхлообломочного материала для формирования твердой составляющей селей и т.п. Большой вклад в формирование селей в республике вносит и неправильная хозяйственная деятельность человека.

В последние годы в республике отмечаются значительные изменения климата, количества и интенсивности осадков; чаще стали отмечаться экстремальные природные явления. Поэтому возникла необходимость оценить активность селей, состояние природной среды и наметить первоочередные задачи по предотвращению или смягчению воздействия селей на антропогенные объекты республики.

Распространение селей в республике, их активность

Наибольшая распространенность селей в Армении отмечается в ее северо-восточных и юго-восточных районах. По геологическим, геоморфологическим и климатическим условиям в республике выделяются четыре селеносных района: северный, западный, южный и юго-восточный. Сели наиболее активны в первом, втором и четвертом районах, где

распространены слабо водопроницаемые породы, и преобладает их интенсивное физическое выветривание на обнаженных склонах южных экспозиций, имеются многочисленные скопления рыхлообломочного материала на склонах и в руслах водотоков, часты сильные ливни. В южном районе (Вохчабердский и Ераносский хребты, южные отроги Варденисского массива и северные склоны Вайкского хребта) сели образуются нечасто, т.к. ливни здесь редки, поэтому этот район характеризуется слабой и средней селеактивностью.

Формирование селей в Армении связано в основном с сильными ливнями (в отдельных случаях – с интенсивным снеготаянием при резком повышении температуры воздуха в начале весны с одновременным обильным дождем), которые нередко сопровождаются градом. В республике интенсивные ливни выпадают обычно на небольшой территории, поэтому селевая активность чаще всего проявляется на притоках основных рек, которые характеризуются большим падением русел и небольшими водосборными площадями.

За период с 1987 по 2013 гг. в Армении было отмечено 142 случая сильных ливней и 380 случаев выпадения града, что послужило причиной формирования 292 случаев селей и 193 случаев паводков (данные МЧС республики). Наибольшее число случаев (61) формирования селей за этот период было отмечено в 2007 г.

Сели в республике чаще всего образуются в мае и июне. В эти же месяцы отмечается наибольшая повторяемость выпадения града и ливневых дождей. Многолетние исследования показали, что сели здесь формируются при ливневых осадках в 30 мм и больше. Средняя интенсивность селеобразующих дождей составляет 0,05-0,78 мм/мин, а ливневой части – 0,16-1,46 мм/мин. В Капане был зафиксирован максимум интенсивности ливня 5 мм/мин (18 мая 1959 г.). При этом слой осадков за дождь составил 99,9 мм (Каталог.,1969).

Максимальная повторяемость ливней в республике отмечается на восточных склонах Арагаца и Джавахетского массива, южных склонах Вираайоцкого и Баргушатского хребтов, а также на северо-восточных склонах Мегринского хребта. Величина суточного максимума ливней обычно составляет 40-75 мм, а суточные осадки более 100мм редки. Наибольшее суточное количество осадков было зафиксировано в Капане 21 июля 1960 г. – 176 мм (Каталог…, 1969).

Параметры некоторых селей

Высота селевых волн в республике колеблется в пределах 1,4-2,5 м, лишь в отдельных случаях достигает 2,8-3,0 м. Максимальные высоты были зафиксированы на рр. Гетар (4,9 м – 25 мая 1946 г.), Джрвеж (4,7 м – 4 августа 1953 г.; 4,0 м – 5 июня 1955 г.), Сарнаджур (бассейн р. Агстев, 3,7 м – 29 июля 1939 г.) и Алаверди (3,6 м – 12 августа 1941 г.).

Одним из селеактивных водотоков Армении является р. Гетар (левый приток р. Раздан), на древнем конусе выноса которого расположен центр Еревана. В конце XIX в. и в первой половине XX в. на р. Гетар сели повторялись почти через каждые два года. Среди них наиболее сильными были сели 1860, 1873, 1908, 1924, 1925, 1928, 1946 гг. При селе 1873 г. погибло 2 человека, а в 1946 г. – 46 человек (по неофициальным данным – более 200 человек).

Наиболее катастрофическим был сель 25 мая 1946г., который вынес к Еревану глыбы диаметром до 1,5-3,0 м. Высота селевой волны достигала 4,9м. Причиной столь мощного селя явился сильный ливень с крупным градом. Градины накопились в бассейнах рр. Гетар и Джрвеж толстым слоем. Их таяние и формирование селевых волн длилось непрерывно в течение 4-х часов. Селевой поток разрушил в Ереване дома, мосты; грязекаменная масса залила сады и огороды по пути своего движения. При этом объем селя составил у с. Аван (ныне район Еревана) 575 тыс. м^3, у железнодорожного моста – 1305 тыс. м^3, у с. Джрвеж (ныне район Еревана) – 1120 тыс. м^3, объем селевых отложений – 38,2-46,0 тыс. м^3, а насыщенность потока наносами – 420-460 кг/м^3.

После 50-х годов XX в. на р. Гетар не было ни одного сильного селя, что является следствием противоселевых мероприятий, предпринятых в его бассейне. В настоящее время русло р. Гетар в черте города убрано под бетонные плиты.

К первой категории селеопасности относятся рр. Вохчи, Мегри, Алаверди (повторяемость селей в их бассейнах составляет 1-3 года, эти реки могут вынести с 1 км^2 активной площади до 15-35 тыс. м^3 твердого материала), а также рр. Гетар и Селав-Мастара с повторяемостью селей в 3-10 лет.

А.И. Зак (1971) считает р. Вохчи наиболее селеопасной из всех рек Армении. Формирование селей в бассейне этой реки происходит на высоте 2000-3600 м, где много рыхлообломочного материала, образующегося от интенсивного выветривания горных пород на обнаженных крутых склонах, а также моренных и флювиогляциальных накоплений.

Притоки р. Вохчи (Гехи, Каварт и др.) выделяются большими уклонами русла, в их бассейнах часты сильные ливни, поэтому сели в бассейне р.Вохчи выделяются бурным характером, большими расходами (200-270 м^3/сек), продолжительностью действия до 3-5 часов, перемещением крупных глыб (диаметр до 2-3 м) и многочисленными разрушениями в населенных пунктах.

Частая повторяемость селей (1-3 года) характерна для р. Сарнаджур (левый приток р. Агстев), относящейся ко второй категории селеопасности.

Довольно селеактивными являются и другие притоки р. Агстев, причем сель формируется и в водотоках, дренирующих залесенные склоны, но с большим падением русла. Так, сильный ливень 2 июня 1998 г. в окрестностях гор Иджеван (за 50 мин выпало 53 мм осадков, при этом дождь шел с нарастающей интенсивностью) спровоцировал образование на одном из правых притоков р. Агстев (небольшом логе с залесенным бассейном) мощного селя, который пронесся по двум улицам города грязекаменным потоком высотой волны до 1,2-1,5 м, вынес на одну из улиц большое количество валунов диаметром до 0,5-1 м, снес посевы на огородах вместе с почвенным покровом, затопил гараж городского комбината и площадку электростанции, подвалы частных домов и четырех 9-этажных домов, стоящих на конусе выноса этого селеносного притока (Бойнагрян, 2006).

Весной 1976 г. в окрестностях с. Агарак Эчмиадзинского района имел место антропогенный сель, который образовался в результате прорыва земляной плотины высотой 9 м сразу после заполнения водой сельского водохранилища. Водный поток высотой более 2 м подхватил с собой твердый материал прорванной плотины и рыхлообломочные накопления по пути от плотины до села и обрушился грязекаменной массой на сельские дома. Были повреждены посевы на приусадебных участках, стены домов, затоплены жилые и подсобные помещения, под тяжестью грязевой массы обрушились полы в домах над подвалами вместе со всей мебелью. Селевой поток ниже села распластался вширь и остановился перед автострадой Ереван-Эчмиадзин.

Оценка опасности и риска формирования селей в республике

При оценке опасности формирования селей в Армении мы исходим из того, что природные условия в целом остаются теми же (за исключением залесенности склонов – может изменяться в ту или иную сторону, а также количества и интенсивности выпадения осадков в связи с изменениями климата за последние годы), следовательно, сели природного характера будут формироваться в тех же водотоках, что и в настоящее время. Это означает, что наиболее опасными с точки зрения образования селей в республике и в будущем будут участки с крутыми и обнаженными склонами; со значительным горизонтальным (более 1 км/км^2) и вертикальным (более 300 м) расчленением местности; склоны южных экспозиций в сухом степном и горно-степном поясах на высотах 1200-2000 м. При этом формированию селей и паводков будут «благоприятствовать» ливни с возрастающей интенсивностью или если пик интенсивности осадков приходится на середину периода прохождения ливня (Бойнагрян и др., 2012).

В образовании селей большую роль может приобрести и антропогенный фактор. Наши исследования показали, что во всей республике бассейны селеносных рек находятся в весьма удручающем состоянии: склоны и русла водотоков завалены различными строительными и бытовыми отходами. Русла рек и различных водоотводящих или водопропускных бетонных сооружений заросли кустами и низкорослыми деревьями, пространства под мостами или перед водопропускными трубами под дорогами загромождены остатками бетонных конструкций, обрезками арматуры, бытовым мусором и т.п., т.е. представляют собой участки возможного подпора селевого потока с последующим прорывом и образованием уже более мощной селевой волны. Очень неблагоприятна ситуация на селевых водотоках, проходящих через села. Их русла превращены населением в свалки различных отходов (строительных, бытовых, использованной техники). Эти русла при бурном весеннем снеготаянии и сильных продолжительных ливнях не справляются со своей ролью – отвести воду, поступающую в них со всех прилегающих участков без вреда для населенного пункта, т.к. эти обмелевшие от отходов человеческой деятельности русла уже не могут вместить в себя формирующийся объем воды. Водный поток выходит из берегов и заливает улицы сел, затопляет подвалы и первые этажи строений, жильцы вынуждены возводить перед своими дворами каменные стенки, чтобы защититься от воды.

Выводы и рекомендации

На сегодняшний день опасность и риск формирования селей в республике довольно высоки:

1. В традиционно селеопасных районах в связи с их общими природными условиями;
2. На участках, где в результате деятельности человека созданы значительные скопления рыхлообломочного материала как твердой составляющей селей;
3. На участках, где человеком созданы условия для возникновения подпора водного потока.

Ситуацию с опасностью и риском формирования селей в Армении можно упростить профилактическими мерами: углублением на 1-1,5 м русел всех водотоков, проходящих через села и их очисткой от строительных и бытовых отходов; увеличением диаметров водопропускных труб под дорогами; расчисткой и высвобождением подмостовых пространств от разных набросок и различных трубопроводов, которые могут помешать селевому потоку свободно пройти под мостом; созданием на ряде селевых водотоков выше населенных пунктов системы небольших барражей или гибких селезащитных барьеров на основе стальной сетки ROCCO фирмы “GEOBRUGG” или “Гео-Барьер”.

Литература

1. Каталог селеопасных рек на территориях Северного Кавказа и Закавказья. Тбилиси: Гидрометеоиздат, 1969. С.233-260.
2. Зак А.И. Селевые потоки в бассейне р. Вохчи и их формирование // Гидрология горных рек и динамика разноплотностных потоков / Тр. ЗакНИИГМИ. Л.: Гидрометеоиздат, 1971. Вып.42 (48). С.165-170.
3. Бойнагрян В.Р. Опасность возникновения природных катастроф в Республике Армения // Вестник МАНЭБ. 2006. Т.11, №8. С.15-18.
4. Бойнагрян В.Р., Гагинян Р.Х., Давтян П.Г., Бойнагрян А.В., Манукян Н.В. Оценка опасности и риска формирования селей в северных областях Армении // ГеоРиск. 2012. №4. С.44-47.

ОЦЕНКА СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ В ЮГО-ВОСТОЧНОМ ТИБЕТЕ (КИТАЙ) НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА РЕКИ ПАРЛУН ЦАНГПО

Висхаджиева К.С., Черноморец С.С.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
географический факультет, Москва, Россия*

Выявлены факторы, приводящие к формированию селей на территории Юго-Восточного Тибета, а также причины катастрофических селевых событий, имевших здесь место. Проведено визуальное дешифрирование космических снимков высокого разрешения на участок бассейна реки Парлун Цангпо (Тибет, Китай) и составлены соответствующие схемы. Проанализированы результаты этого дешифрирования и выявлены наиболее селеопасные участки.

Ключевые слова: селевая опасность, Тибет.

DEBRIS FLOW HAZARD ASSESMENT OF SOUTH-EAST TIBET (CHINA): A CASE A STUDY OF PARLUNG TSANGPO DRAINAGE BASIN

Viskhadzhieva K.S., Chernomorets S.S.

*Lomonosov Moscow State University, name by M.V. Lomonosov, Geographical Faculty,
Moscow, Russia.*

We present the analysis of debris flow formation factors and reasons for the past debris flow disasters. The method of direct space image interpretation of Parlung Tsangpo drainage basin (Tibet, China) was used for creation special schemes. The article summarizes results of their analysis and assessment of debris flow hazard. The most dangerous parts of researching area are identified with help of these schemes.

Key words: debris flow hazard, Tibet

Введение

Рисунок 1. Схема расположения исследуемой территории

Прохождение катастрофических селей - одна из наиболее существенных проблем, возникающих при освоении горных территорий, так как селевые потоки разрушают строения и сооружения, нарушают функционирование объектов инфраструктуры, а иногда приводят и к человеческим жертвам. В связи с этим возникает необходимость изучения селевой опасности осваиваемых районов. Эта задача актуальна для горных частей Азии и, в частности, для Юго-Восточного Тибета, который, являясь селеопасным регионом, становится все более популярным среди туристов. Для увеличения транспортной доступности здесь сооружают

новые объекты инфраструктуры. Так, существует проект строительства высокогорной железной дороги Лхаса - Ньингчи вдоль русла реки Парлун Цангпо параллельно уже существующей автомобильной дроге (G318) (рис. 1) (http://news.xinhuanet.com). Очевидно, что при строительстве необходимо учитывать высокую вероятность схода селей на будущую дорогу.

Опыт изучений селевой опасности Юго-Восточного Тибета

Территория Юго-Восточного Тибета, по оценкам китайских ученых, является районом, характеризующимся наиболее широким в пределах страны распространением селевых потоков (Ду, Бифан, 1984; Ma et al., 2004). Несмотря на это основная масса исследований по этому региону начала проводиться лишь в 90-е годы XX века. За прошедшее время был сделан весомый вклад в изучение причин и механизмов селеформирования на территории Юго-Восточного Тибета (Cheng, Dang, Liu, 2008; Cui et al., 2010; Cheng, Hong, Li, 2011), а также проведены работы по выделению крупных районов с высокой активностью селепроявления (Ma et al., 2004; Ding, Yang, Shang, 2006). К таким районам относится и бассейн реки Парлун Цангпо. Однако, остается неизученной ситуация внутри этого бассейна: неизвестно количество селевых русел боковых притоков, отсутствуют данные о характерных объемах выноса селевого материала.

Между тем, для целей дорожного строительства необходимо оценить средние и максимально возможные объемы выносов, провести инвентаризацию всех селевых русел, пересекающихся с планируемой дорогой, а также русел, сход селей по которым может привести к временному подпруживанию главной реки и, как следствие, к подтоплению дороги или сходу вторичного паводочного потока по руслу Парлун Цангпо.

Район исследований и действующие факторы селеформирования

Река Парлун Цангпо (Parlung Tsangpo или Parlung Zangbo) является одним из левых притоков Брахмапутры (по-тибетски – Цангпо – «большая река») в ее верхнем течении. Бассейн реки расположен в юго-западной части Китая на территории Тибетского автономного района на границе с Индией (рис. 1).

Исследуемая в данной работе территория охватывает часть верховьев долины реки Парлун Цангпо, а также бассейны двух ее притоков – Гусян (Gouxiang) (правый приток) и Мидуи (Midui) (левый приток) (рис. 2). По руслам этих притоков в 1953 и 1988 году соответственно прошли катастрофические селевые потоки (объемы выноса более 10 млн м^3) (Ду, Бифан, 1984; Liu, Cheng, Li, 2013). Параллельно руслу реки по ее долине проходит национальная трасса G318, движение по которой неоднократно прекращалось из-за схода селей.

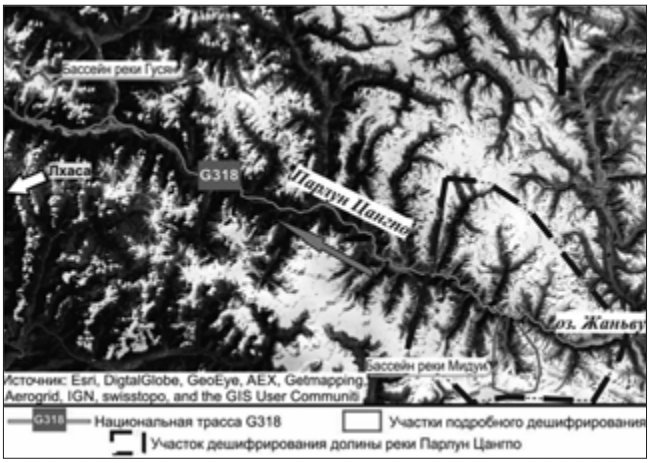


Рисунок 2. Схема расположения участков дешифрирования.

Положение территории в тектонически активной зоне с субтропическим муссонным климатом, наличие деградирующих горных ледников (Ma et al., 2004) и довольно широкое развитие рыхлых преимущественно моренных отложений приводят к тому, что основными причинами схода селей здесь являются: интенсивные ливни и таяние снега и льда в весенне-летний период, прорывы ледниковых и приледниковых подпрудных озер, сход лавин и оползней.

Методика исследований

Основным методом работы стало визуальное дешифрирование космических снимков высокого разрешения. Выбор методики обосновывался необходимостью выделения небольших объектов, заметных только в крупном масштабе, отсутствием полевых наблюдений и необходимостью получения наиболее свежей информации о состоянии бассейна реки и ее селевых притоков.

В качестве исходных материалов были использованы космические снимки Landsat 8 (разрешение 30 м, съемка 2013 года) и GeoEye (разрешение 1,6 м, съемка 2013 года), топографические карты масштаба 1:200000. Дешифрирование производилось в программном пакете ESRI (ArcGIS v. 10.2.) и предполагало визуальное дешифрирование посредством определения набора дешифровочных признаков идентификации каждого вида объектов. Дешифрирование производилось в масштабе от 1:10000 до 1:5000, что соответствует детальности необходимой, при отображении на картах и схемах селевых объектов.

Конечным продуктом дешифрирования стали 3 схемы: участка бассейна р. Парлун Цангпо и ключевых участков – бассейнов рек Мидуи (рис. 3) и Гусян.

Селевая ситуация в бассейне реки Парлун Цангпо и ее притоков

Река Парлун Цангпо не является селевой. Это типичная горная река, в которую впадает (на участке дешифрирования) 10 крупных притоков, 6 из которых селевые. Правые селевые притоки непосредственно пересекаются с автомобильной дорогой (и, сответственно, с предполагемой трассой железной дороги), поэтому создают угрозу прекращения ее функционирования в случае схода селей; левые представляют такую же опасность, так как выносят большое колчество материала и могут временно подпруживать русло главной реки (как было в случае с Мидуи в 1985 году), создавая угрозу затопления и схода вторичного паводка по руслу главной реки. Кроме типичных русловых селей встречается много мелких склоновых, также создающих угрозу для функционирования дороги. Дополнительная опасность создается наличием мостов, проходящих над селевыми водотоками и имеющих недостаточные по размеру подмостовые отверстия. Селевая структура бассейна характеризуется наличием большого числа селевых притоков низких порядков, создающх угрозу схода наносоводных паводков по притокам Парлун Цангпо.

Опасная селевая ситуация складывается в бассейне реки Мидуи (рис. 3) за счет широкого распространения моренных отложений, активного протекания склоновых процессов, отсутствия противоселевых сооружений, а главное – наличия приледникового подпрудного прорывоопасного озера у истока реки.

Русло реки Гусян на всем протяженни является селевым. В его устьевой части находится обширный конус выноса, а в верховьях - три деградирующих ледника. Селеопасность бассейна объясняется активным таянием ледников, широким развитием рыхлых отложений (преимущественно моренных, но с большим участием коллюваильного материала), частым сходом лавин и оползней, а, кроме того, сужением русла основной реки и, как следствие, угрозой ее временного подпруживания и последующего схода вторичного паводка.

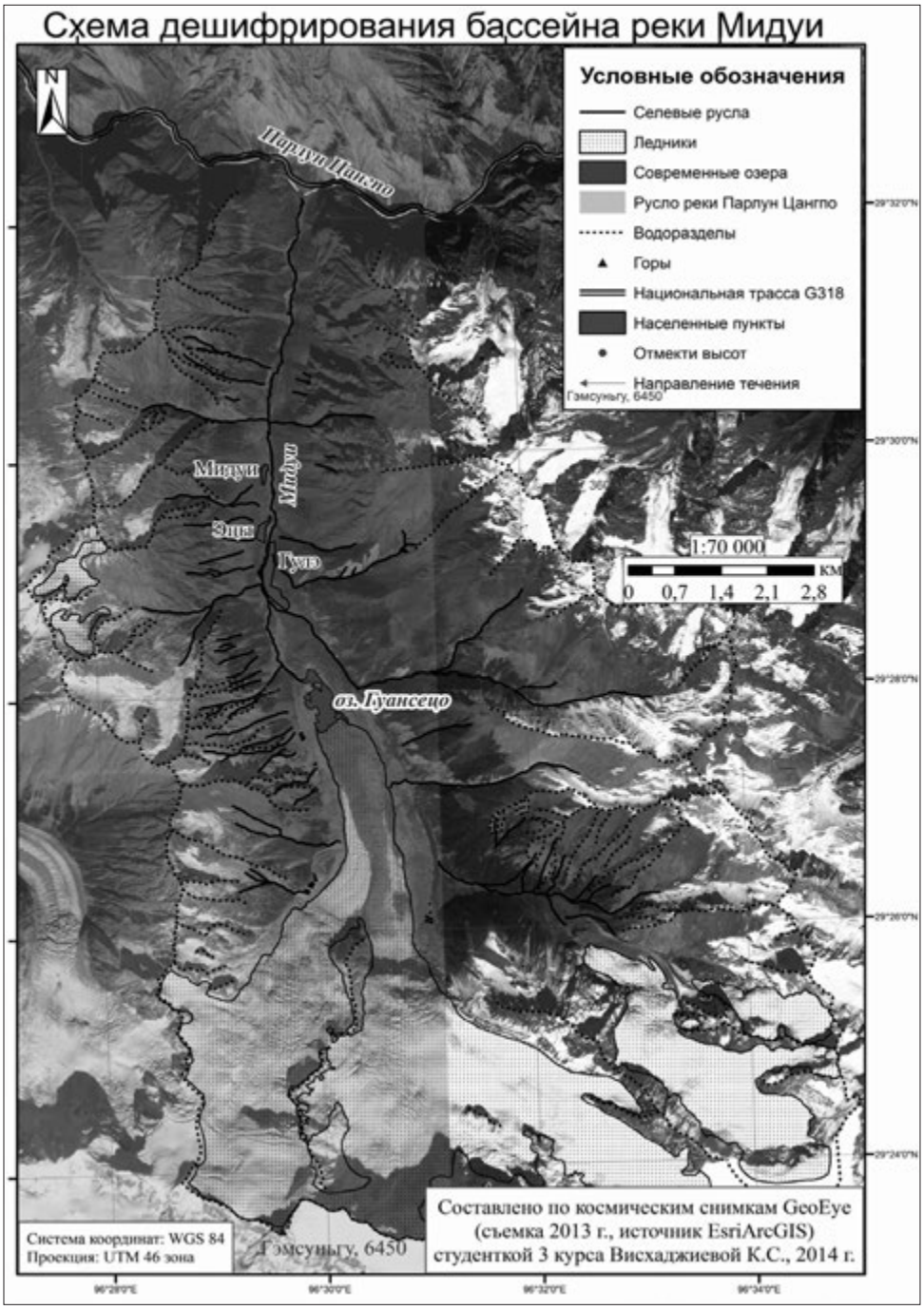


Рисунок 3. Схема дешифрирования бассейна р. Мидуи
(на схеме не показаны некоторые объекты дешифрирования, которые есть в цветном варианте схемы).

Выводы

1. В целом, исследуемый участок бассейна реки Парлун Цангпо характеризуется высокой пораженностью селевыми руслами и высокой степенью селевой опасности.

2. Селевая опасность создается за счет активной деградации горного оледенения и, как следствие, образования прорывоопасных озер.

3. Использованный метод детального визуального дешифрирования позволил выбрать ключевые участки для их последующего более подробного полевого изучения.

4. Строительство железной дороги невозможно без проведения дополнительных полевых исследований и разработки комплекса противоселевых мероприятий

Литература

1. Ду Р. Х., Бифан Д. Селевые потоки в Китае и меры борьбы с ними. М.: Центр международных проектов ГКНТб 1984. с. 118-129.
2. Cheng Z., Dang C., Liu J. Debris flows induced by glacier lake bursts in southeastern Tibet, China/ Proceedings of the International Conference Debris flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection/ Pyatigorsk, Russia, 22-29 September 2008. Ed. by S.S. Chernomorets. Pyatigorsk: Sevkavgiprovodkhoz Institute, 2008, p. 317-320.
3. Cheng Z., Hong Y., Li X. The Warning Technology of Debris Flow Caused by Glacier-lake Outburst in Qinghai-Tibet Plateau/ Journal of Mountain Science, 2011, №3, p.369-377
4. Cui P., Ma D., Chen N., Jiang Z. The initiation, motion and mitigation of debris flows caused by glacial lake outburst/ Quaternary Sciences, 2003, №6, p. 621-628
5. Ding J-x., Yang Z-i., Shang Y-j. Cause analysis and quantitative zonation of mudflow hazards along the Rawu-Lunang section, Sichuan-Tibet Highway/ Journal of geomechanics, 2006, №2, Volume 12.
6. Liu J. J., Cheng Z. L., Li Y. Glacier lake outburst floods of the Guangxieco Lake in 1988 in Tibet, China/ Natural Hazards Earth System Science, 2013. Discuss, №1, p.4605–4634.
7. Ma D., Tu J., Cui P., and Lu R. Approach to Mountain Hazards in Tibet, China/ Journal of Mountain Science, 2004, №2, p. 143-154.
8. Yanjun S., Zhifa Y., Lihui L., Da’an L., Qiulin L., Yangchun W. A super-large landslide in Tibet in 2000: background, occurrence, disaster, and origin/ Geomorphology, 2003, №54, p. 225–243.
9. http://news.xinhuanet.com/english/china/2014-01/14/c_133044554.htm

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ГОРНЫХ РАЙОНАХ РОССИИ

[1]Генсиоровский Ю.В., [2]Ухова Н.Н., [1]Казаков Н. А., [2]Рященко Т.Г.

*[1]Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,
Сахалинский филиал, Южно-Сахалинск, Россия
[2]Институт Земной коры СО РАН, Иркутск, Россия*

В докладе приводятся данные о физико-химических свойствах селевых отложений в различных горных районах России. Рассматривается влияние тонкоглинистой фракции на характеристики селей.

Ключевые слова: сель, гранулометрия, селевые отложения.

PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES DEBRIS FLOW DEPOSITS OF VARIOUS MOUNTAIN REGIONS OF RUSSIA

[1]Gensiorovskiy Y.V., [2]Ukhova N.N., [1]Kazakov N.A., [2]Ryaschenko T.G.

*[1]Far East Geological institute FEB RAS, Sakhalin department, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
[2]Institute of the Earth’s Crust Siberian Branch RAS, Irkutsk, Russia*

Проводившиеся нами в 2008-2014 г.г., исследования селевых отложений охватили достаточно обширную территорию горных районов России. Селевые отложения, образцы которых были отобраны на Западном Кавказе, Забайкалье, о. Сахалин были переданы в Аналитический центр ИЗК СО РАН, где были выполнены исследования минералогического и химического состава, микроструктуры и некоторых физических показателей. В работе рассмотрены результаты для некоторых образцов.

Данные ситового гранулометрического анализа показали, что в основном селевых образцах содержание фракций > 2 мм составляет до 70,5 %. В соответствии с классификацией (табл. Б.10 – ГОСТ 25100 – 95) отложения следует относить к крупнообломочным гравийно-дресвяным грунтам. Остальная масса является заполнителем, который содержит более мелкие частицы, в том числе размером < 0,5 мм (таблица 1).

Таблица 1.
Результаты гранулометрического анализа селевых отложений (рассев).

Точка наблюдений	ГГК-ЛГ	Содержание фракций, %									
		> 10 мм	**10–7**	**7–5**	**5–3**	**3–2**	**2–1**	**1–0,5**	**0,5–0,25**	**0,25–0,1**	**< 0,1**
Бассейн р. Чара											
Хр. Кадар. пр. пр. р. Быйки	slQ_4-cr	22,1	8,3	8,6	11,9	8,9	15,0	5,3	14,4	0,1	5,4
Хр. Кадар. р. Быйки	slQ_4-cr	24,5	10,6	13,1	17,6	8,8	9,8	2,0	5,3	0,2	8,1
Остров Сахалин											
Юго-Западное побережье р. Зея	slQ_4-cr	34,3	11,4	9,8	11,4	8,0	11,8	3,2	5,6	0,1	4,4
Набильский хребет, басс. р. Тымь	slQ_4-cr	21,7	8,2	4,8	4,0	1,8	14,5	5,4	27,1	0,2	12,3
Юго-Западное побережье	tQ_4?-cr	14,0	10,4	15,7	22,5	13,4	12,6	2,7	3,9	0,1	4,7
Кавказ											
Западный Кавказ р. Мзымта,	tQ_4?-cr	34,6	19,5	-	10	6,4	9,1	5,2	15,2	-	-
Северный Кавказ, р. Герхожан-Су,	slQ_4-ps	24,5	6,6	-	5,3	6,5	14,8	9,3	33	-	-

Далее этот заполнитель был проанализирован методом пипетки на предмет содержания в нем шести фракций, при этом применялось три способа подготовки образца к анализу – агрегатный, полудисперсный, дисперсный с полным разрушением агрегатов (Ломтазде, 1990), затем проводились расчеты параметров микроструктуры (Рященко и др., 2000).

Содержание фракций грунтов в селевых отложениях представлено на графиках (рис. 1 – 3).

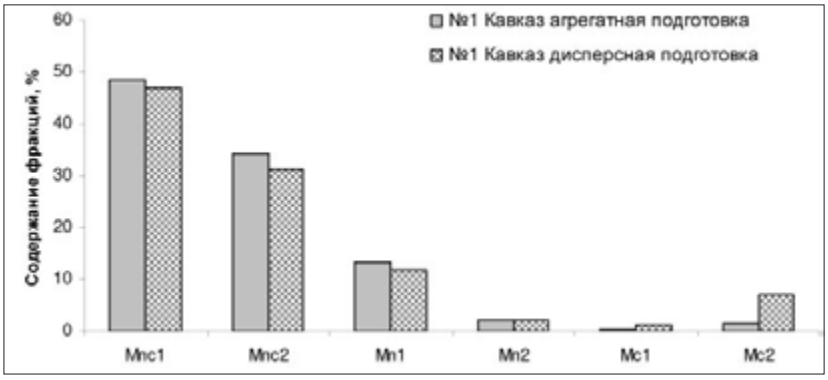


Рисунок 1. Сравнение результатов гранулометрического анализа образца басс. р. Мзымта (руч. Сулимовский) с агрегатной и дисперсной (полное разрушение агрегатов) подготовкой образца.

Здесь и ниже: содержание фракций: Мпс^1 – крупно-среднепесчаная (0,50–0,25 мм), Мпс^2 – мелко-тонкопесчаная (0,25–0,05), Мп^1 – крупнопылеватая (0,05–0,01), Мп^2 – мелкопылеватая (0,010–0,002), Мс^1 – грубоглинистая (0,002–0,001), Мс^2 – тонкоглинистая (< 0,001)

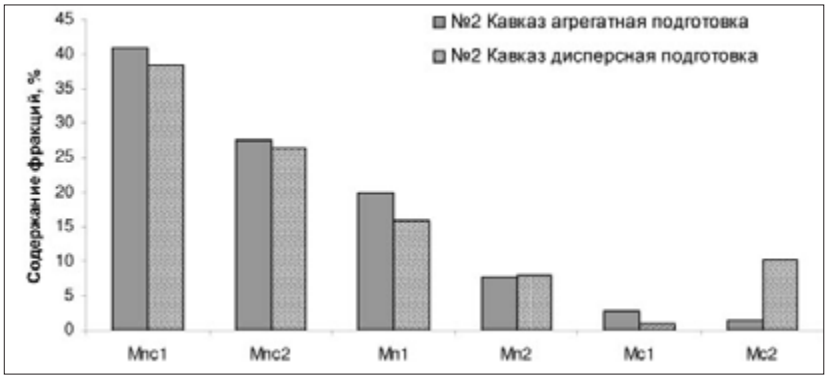


Рисунок 2. Сравнение результатов гранулометрического анализа образца басс. р. Герходжан-Су (Северный Кавказ) с агрегатной и дисперсной (полное разрушение агрегатов) подготовкой образца.

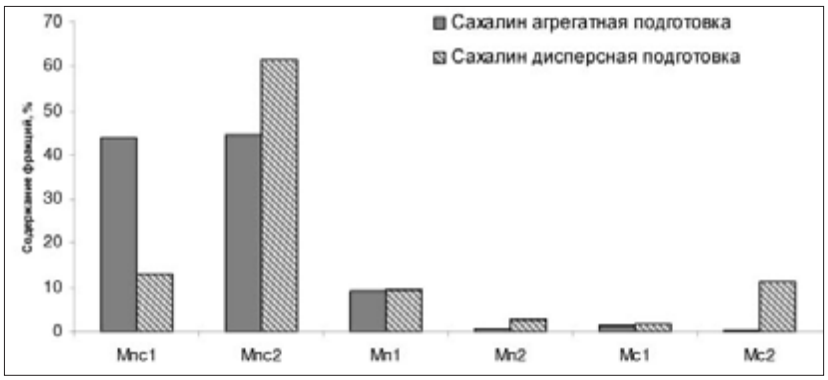


Рисунок 3. Сравнение результатов гранулометрического анализа образца р. Можайка (о. Сахалин) с агрегатной и дисперсной (полное разрушение агрегатов) подготовкой образца.

При сравнении результатов гранулометрического состава исследуемых образцов отмечается изменение соотношений фракций при разных способах подготовки. Уменьшается содержание средне-крупнопесчаной (кроме селевых отложений о. Сахалин) и тонкопесчаной

фракции (Мпс[1] и Мпс[2]). Незначительно меняется содержание крупно- и мелкопылеватой фракции (Мп[1] и Мп[2]) и грубоглинистой (Мс[1]).

При полном разрушении агрегатов проявляется значительное количество глинистой фракции, минералы которой вносят существенный вклад в свойства селевых отложений на тонком уровне – уровне коллоидных частиц.

Таблица 2.
Гранулометрический, минералогический состав мелкодисперсной фракции селевых отложений

Адрес	Состав	Плотность минеральной части, г/см^3	Содержание пылеватых частиц **< 0,05-0,002 мм, %%**	Содержание фракции **< 0,002 мм, %%**	Содержание тонкоглинистой фракции < **0,001 мм, %%**	Реальная глинистость (содержание фракции < **0,002 мм** в свободном состоянии и в составе агрегатов)	Агрегированность (общее количество агрегатов, %)	Седиментационный объем, **V**см^3	Тип
р. Мзымта, Западный Кавказ	Супесь	2,53	18,2	3,1	7,0	8,1	5,3	3,5	Потенциальный плывун II типа
р. Герхожан-Су, Северный Кавказ, Приэльбрусье	Супесь	2,52	25,8	7,6	10,2	11,2	9,2	2,7	Потенциальный плывун I типа
р. Можайка, восточное побережье Южного Сахалина	Супесь	2,42	14,4	3,2	11,3	13,0	30,8		Потенциальный плывун I типа
Басс. р. Апсат. Кадарский хребет	Суглинок	2,68	3,8	0,4	15,1	15,5	17,1	3,0	Потенциальный плывун I типа

Результаты исследования дисперсной компоненты селевых отложений показали, что это супеси, слабоагрегированные, в которых преобладают средне-крупнопесчаные (0,5 – 0,25 мм) элементы с явным преимуществом первичных свободных частиц. Супеси Западного Кавказа являются потенциальными плывунами второго типа со структурными связями песчано-коллоидной группы. Супеси Северного Кавказа – потенциальные плывуны без структурных связей.

Анализ содержания водорастворимых солей и карбонатов в заполнителях Западного и Северного Кавказа показал, что эти супеси среднезасоленые, тип засоления хлоридно-сульфатный (Западный Кавказ) и карбонатно-сульфатный (Северный Кавказ); среди катионов преобладают натрий и калий. Отмечается повышенное содержание (16,2%) железистых и магниевых карбонатов для Западного Кавказа; для Северного Кавказа – понижение содержания карбонатов до 5,0 %, с преобладание кальциевых и магниевых солей. Кроме того высокое содержание амфотерных полуторных оксидов, кремнезема и подвижных форм алюминия в селевых отложениях Западного Кавказа определяют его структурную связность и способствуют проявлению плывунности. Для селевых отложений Северного Кавказа кроме

снижения общего количества карбонатов отмечается уменьшение гидроскопической влаги, аморфных и подвижных оксидов, что приводит к потере структурной связности в супесчаном материале селевых отложений. По данным минералогического анализа этот образец содержит только следовое количество гидрофильного минерала – смектита среди минералов тонкоглинистой фракции.

Таким образом, данные анализа водной, кислотной и щелочной вытяжек показали различия химических особенностей дисперсных частей селевых отложений Западного и Северного Кавказа. Причина этих различий – состав пород в очаге зарождения селя.

Для селевых отложений о. Сахалин (Восточное побережье, севернее г. Макаров) аналогичный анализ показал следующее. Агрегированная супесь с реальной глинистостью 13,0 % может быть отнесена к потенциальным плывунам первого типа, в которых отсутствуют структурные связи. Основная масса – средне-крупнопесчаные элементы (43,8 %), представленные агрегатами (30,8 %) и свободными частицами (13 %).

По количеству водорастворимых солей супесь является слабозасоленной, тип засоления карбонатно-сульфатный; среди катионов не обнаружен магний; карбонаты составляют 4,16 % с преобладанием $CaCO_3$. Выявлено незначительное количество аморфных и полуторных оксидов и кремнезема (подвижный оксид алюминия составляет всего 0,59 %), что не достаточно для создания структурной связности в супеси. Не хватает достаточного количества компонентов, обеспечивающих эту связность: тонкоглинистые частицы «мобилизованы» в средне-крупные агрегаты, карбонатов, водорастворимых солей, амфотерных оксидов и их подвижных форм немного. По данным минералогического состава тонкоглинистой фракции преобладает гидрослюда, отмечены следы хлорита и структурно несовершенного смектита.

Выводы

Сравнительный анализ селевых отложений разных регионов России показал сходства и различия в их составе, микроструктуре и ряде физических показателей. Данные исследования будут продолжены, что позволит провести более детальный анализ и обобщить информацию по характеру селевых потоков и условиям их формирования.

Литература

1. Казаков Н.А., Рященко Т.Г., Генсиоровский Ю.В., Ухова Н.Н. Состав пород потенциальных селевых массивов как фактор, определяющий структурно-реологический тип селевого потока. Труды второй международной конференции «Селевые потоки: Катастрофы, Риск, Прогноз, Защита». МГУ. 2012. с. 58-59.
2. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. – Л.: Недра,1984. – 527 с.
3. Рященко Т.Г. Региональное грунтоведение (Восточная Сибирь). Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2010. – 287 с.
4. Рященко Т.Г., Ухова Н.Н. Химический состав дисперсных грунтов: возможности и прогнозы (юг Восточной Сибири). – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2008. – 131 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЕЛЕВОГО МОРФОЛИТОГЕНЕЗА НА ЗАПАДНОМ КАВКАЗЕ

Ефремов Ю.В.

Кубанский государственный университет,
Кафедра региональной и морской геологии, Краснодар, Россия

Исследование селевых потоков проводилось на кафедре региональной и морской геологии на протяжении последних 10 лет с использованием теории селевого морфолитогенеза (СМЛГ). Полученные данные дают возможность представить развитие СМЛ как: условия – факторы – процессы – механизмы селевых потоков – генетические типы селевых отложений. Разработка концепции СМЛГ раскрывает стадии его развития, аккумуляцию руслового и склонового материала в селевых бассейнах, которые позволят выделить различные типы СМЛГ.

Ключевые слова: селевой поток, селевой морфолитогенез, селевой процесс, механизмы селевых потоков, типизация СМЛГ.

THEORETICAL BASES OF MUDFLOW MORPHOLITOGENESIS ON THE WESTERN CAUCASUS

Efremov Yu.V.

Kuban State University,
Department of Regional and Marine geology, Krasnodar, Russia

Studying of mudflows was spent by a of geology and geomorphology of the Kuban State University within last ten years with use a conceptual model of mudflow morpholitogenesis (MMLG). The date Experience material makes it possible to imagine the development SMLG, as follows: conditions – factors – processes – mechanisms of mudflows – a genetic type of mudflow. Developed SMLG theory opens the basic stages, their further change, accumulation of mineral and organic substance within their baths, and also allows revealing various types MMLG.

Key words: mudflow, mudflow morpholitogenesis, мudflow process

Изучение селевых процессов и явлений может быть успешно реализовано с помощью теории селевого морфолитогенеза. До настоящего времени морфолитогенетический подход к исследованию селевых потоков не находил должного применения.

Под селевыми морфолитогенезом понимается совокупность процессов и явлений, которые формируют селевые потоки. Их формирование происходит при непосредственном участии рыхлых отложений в условиях динамической среды и высокой энергии эндогенных и экзогенных процессов (рис. 1). Предполагается, что формирование селевых потоков происходит под действием движущих сил – факторов в относительно стабильных природных условиях рассматриваемой территории (рис. 1).

Условия – совокупность природных процессов, характерных для определенной территории, развивающихся в тесной связи и взаимодействующих друг с другом. Изменение природных условий, в которых развиваются селевые процессы и явления, приводит к значительному изменению факторов и процессов, создающих селевые потоки, определяет интенсивность их проявления. Существующие условия в данном случае выступают как нечто устойчивое, постоянное, определяют все дальнейшие стадии развития селевых процессов и явлений. Например, состав горных пород и их структура (как нечто стабильное) тесно связаны с температурным и влажностным режимом почв и грунтов, которые в свою очередь в определенной степени стимулируют развитие эрозионных, оползневых и других процессов.

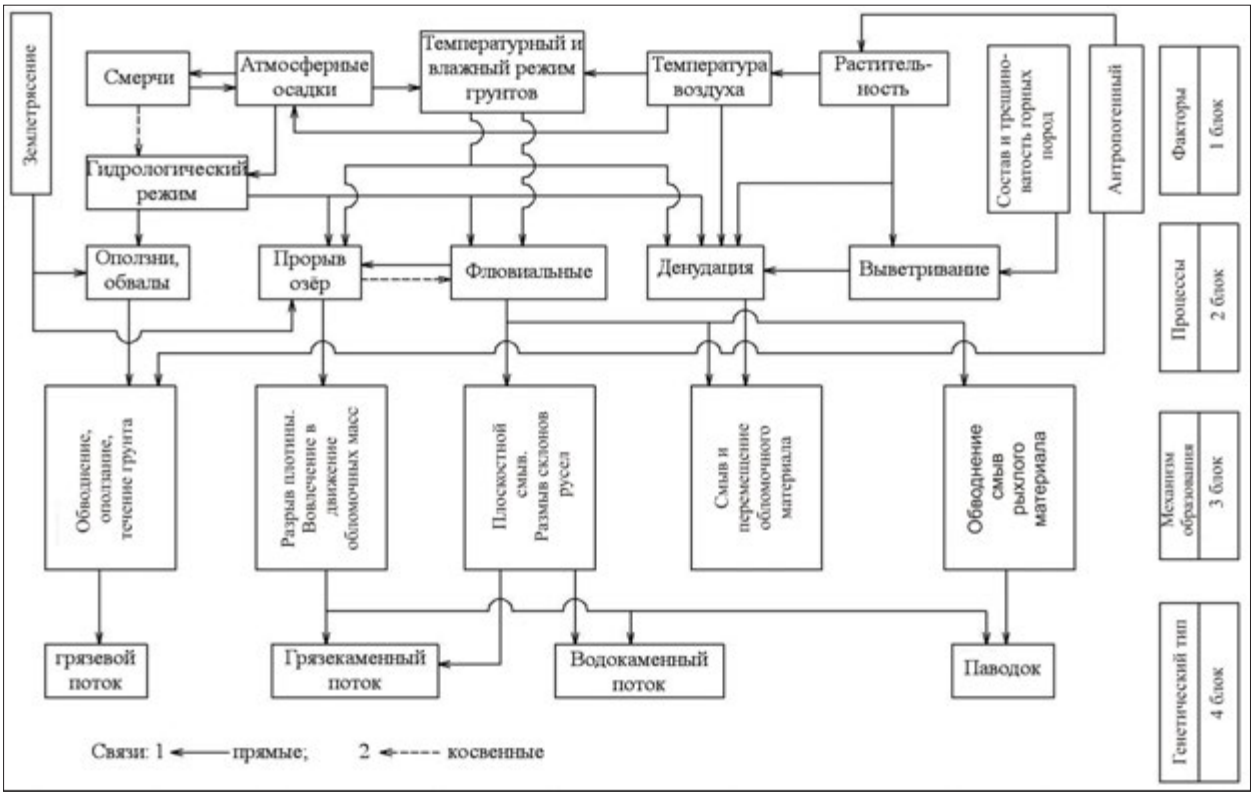


Рисунок 1. Структурно- функциональная схема селевого морфолитогенеза.

Факторы (причины, движущие силы совершающегося процесса), тесно связанные с природными условиями и стимулирующими геоморфологические процессы, объединены между собой прямыми и обратными связями. Между ними наблюдается тесное взаимодействие. Наиболее ярко парагенетические связи проявляются между элементами климата (температурой воздуха и атмосферными осадками) и многими геоморфологическими процессами. Понятие «процесс», широко используемое в динамической геоморфологии, определяет последовательную смену и связь закономерно следующих друг за другом стадий развития СМЛГ. Процессы могут протекать в различных направлениях и зависят от механизма образования, под которым понимается совокупность движущих сил, зависящих от конкретных воздействий на селевой очаг. Различие механизмов образования селевых потоков приводит к возникновению их разнообразных генетических типов селевых отложений.

Исходя из указанных положений, рассмотрим морфолитологические, климатические и морфолитодинамические закономерности формирования селевых процессов и явлений.

Морфолитологические условия отражают взаимосвязь геологического строения территории с образованием рыхлого субстрата – материала для возникновения селевых потоков, формирующихся при сильных ливнях или таянии снежного покрова. Основным геологическим условием, обуславливающим возможность формирования селевых потоков в том или ином горном бассейне, является литологический состав горных пород, слагающих верхние слои коры выветривания, и их состояние. При этом рассматриваются структурно-литологические комплексы пород, слагающие основные орографические элементы горной системы. В этом случае анализируется эрозионная прочность, прочность горных пород на сжатие, допустимая скорость размыва.

В исследуемом регионе к числу геологических формаций относятся продукты разрушения пород, которые служат источником твердой составляющей селевых потоков, в большей мере это четвертичные отложения. Они характеризуются широким разнообразием состава и устойчивостью их к эрозии и денудации. По генетическому признаку породы делятся на элювиальные, делювиальные, аллювиальные и делювиально-оползневые отложения.

Такие образования являются основной твердой составляющей селевых потоков.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что большая часть горных пород, слагающих южные склоны Северо-Западного и Западного Кавказа, в той или иной мере участвуют в пополнении твердой составляющей селевых потоков.

Морфолитодинамические условия это совокупность природных процессов – тектонических движений, сейсмических явлений, вулканизма и сил гравитации, характерных для определенной территории. Неотектонические и современные движения совместно с климатическими условиями создают базис для развития экзогенных процессов. Можно предположить, что тектонические движения разной направленности и интенсивности во многом определяют развитие рельефообразующих процессов, в том числе и селевых явлений.

Основными геодинамическими процессами на Черноморском побережье Кавказа являются: из эндогенных – современные тектонические движения и землетрясения, из экзогенных – абразия, эрозия, обвалы, осыпи, сели.

Геоморфологические условия. Непременным условием, определяющим возможность формирования селей, является сильно расчлененный горный рельеф, обуславливающий наличие крутых уклонов и русел, т.е. обеспечивающий одновременное движение значительных объемов водно-грунтовых масс с большими скоростями, определяющих масштабность и динамичность селевого явления. Однако, интенсивность, активность, повторяемость и мощность селевых потоков зависит от морфологических особенностей и морфометрических характеристик рельефа. Многие сложные связи между ними остаются до настоящего времени неисследованными.

*Климатические факторы***.** Наиболее значимыми факторами для процесса селеобразования являются температура воздуха и атмосферные осадки. Температура воздуха наряду с другими факторами определяет интенсивность ряда экзогенных процессов (гляциальных, селевых, нивальных и т.д.) и, в конечном счете, возникновения селевых потоков. Атмосферные осадки – один из основных климатических элементов, определяющих интенсивность селевых процессов и явлений. Исходя из анализа максимальных величин атмосферных осадков, можно сделать важный вывод, что ливневые осадки почти всегда вызывают селевые паводки на многих горных реках. Установлено, что в особо дождливые годы при ливнях с осадками более 100 мм/сут интенсивностью выше 3-4 мм/мин селевые потоки проходят по многим горным рекам.

*Механизмы зарождения селей***.** Сложный генезис селевых процессов и явлений, обусловленный комплексным взаимодействием ряда факторов, обуславливает как различные механизмы формирования селей и сложный характер взаимозависимости жидкой твердой фаз, так и сам тип селя, режим его прохождения и количественные характеристики селевых потоков (объемы, расходы, насыщенность и др.).

Обобщение и теоретический анализ многочисленных материалов экспедиционных исследований показывает, что в практике селеведения существуют различные теоретические обоснования механизмов зарождения селей (Флейшман, 1978, Виноградов, 1977 и др.). В.Ф. Перов сводит многообразие механизмов зарождения селевых потоков к трем основным типам: эрозионному, прорывному, обвально-оползневому. Исходными положениями данной типизации служат признание в качестве главных свойств селевого потока высокой насыщенности обломочным материалом и волнового характера движения. Моментом зарождения селей считается появление селевой волны с крутым передним фронтом (Перов, 1996).

Гидрологические условия в селевом бассейне оказывают существенное влияние на процессы формирования селей. Главным условием формирования селей является наличие достаточного количества воды (стока) для смыва или сноса и перемещения по руслам рыхлообломочного материала, в которых этот материал перемещался бы водной составляющей. При отсутствии соответствующих водных масс мы будем иметь дело с обычными гравитационными процессами – осыпями, обвалами, оползнями, но не селями.

Типизация селевых процессов и явлений. В рамках динамического и климатического направлений в геоморфологии существуют различные подходы к типизации морфолитогенеза (Ефремов, 1993; Мысливец, 1990). Для рассматриваемого региона за основу принята схема селевого районирования, в большей мере соответствующая разработкам В.Ф. Перова. Она учитывает широтно-зональное распределение горных пород, высотную поясность экзогенных процессов (ярусность морфоскульптур) и особенности формирования селевых потоков (Перов, 1996).

Литература

1. Ефремов Ю.В. Озерный морфолитогенез на Большом Кавказе. Краснодар. Просвещение-юг, 2003. 264 с.
2. Виноградов Ю.Б. Гляциальные прорывные паводки и селевые потоки. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 195 с.
3. Мысливец В.И. Типы природной среды, типы морфолитогенеза и проблемы геоморфологической систематики // Тез. докладов Всесоюзной конференции (11 Щукинские чтения). М., 1990. С. 5-8.
4. Перов В.Ф. Селевые явления. Терминологический словарь. М.: Изд-во МГУ, 1996. 31 с.
5. Флейшман С.М. Сели. Л.: Гидрометещиздат, 1978. 312 с.
6. Чернявский А.С. Селевой морфолитогенез на Черноморском побережье Кавказа (в пределах Краснодарского края). Автореферат на соискание ученой степени кандидата географических наук. Краснодар: Центр Универсервис, 2010. 23 с.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СВЯЗНЫХ СЕЛЕЙ ПРИ СЛАБЫХ ОСАДКАХ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В СЕЛЕВОМ ПОТОКЕ

Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В, Окопный В.И., Боброва Д.А., Казакова Е.Н., Рыбальченко С.В.

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Сахалинский филиал, Южно-Сахалинск, Россия

Грязекаменный сель объёмом 20000 м^3 сошёл на восточном побережье о. Сахалина при суточной сумме осадков 3,0 мм в следствие предшествующего увлажнения пород во время снеготаяния. Доминирующие факторы селеобразования - геологические. Наиболее близкие к реальным значения скорости селя позволяет получить полевая методика определения скорости селя по величине скоростного напора.

Ключевые слова: сель, о. Сахалин.

CONDITIONS OF FORMATION OF COHESIVE DEBRIS-FLOWS IN LOW PRECIPITATION AND THE DISTRIBUTION OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS IN DEBRIS-FLOWS THREAD

Kazakov N.A., Gensiorovskiy Yu.V., Okopniy V.I., Bobrova D.A., Kazakova E. N, Rybalchenko S.V.

Far East Geological institute FEB RAS, Sakhalin department, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Debris- flow volume of 20,000 m^3 came down on the East coast Sakhalin Island when daily precipitation 3.0 mm in consequence of previous moisture breeds during snowmelt. In debris-flow process of geological factors of debris-flow formation are dominant. The closest to the real value of the velocity of debris-flow allows to obtain a field method of determining the flow rate on the magnitude of the velocity head.

Key words: debris-flows, Sakhalin Island.

Введение

Одним из важнейших вопросов прикладного селеведения является вопрос о расчёте скорости селя и о степени зависимости повторяемости селей от случаев выпадения сильных осадков.

На сегодняшний день не существует удовлетворительных физических моделей селевого процесса, позволяющих адекватно описать сель, а существующие математические модели зачастую основаны либо на идеальных математических, либо на эмпирических представлениях, сильно упрощающих реальную картину и позволяющих описать селевой процесс с определённой степенью приближённости. Это необходимо учитывать при использовании расчётных значений характеристик селей и селевых процессов при проектно-изыскательских работах. В этой связи особую важность приобретают характеристики селей, измеренные непосредственно во время движения селя или восстановленные по результатам полевых исследований, проведённых сразу же после схода селя.

Представления о динамике связных селей и о доминировании геологических факторов селеобразования над гидрометеорологическими (Казаков Н.А., 2000; Казаков Н.А., Жируев С.П., 2002) были проверены при исследовании грязекаменного селя на Южном Сахалине.

Грязекаменный сель на восточном побережье Южного Сахалина 03.06.2010 г.

Грязекаменный сель сошёл из селевого бассейна, заложенного в цирке оползня-потока (Рис. 1) на восточном побережье Южного Сахалина в ночь с 3 на 4 июня 2010 г. к югу от р. Гребянки.

Сход селя сопровождался сильным грохотом. Дальность выброса селя составила 950 м при ширине зоны аккумуляции селевых отложений до150 м.

Объём селя составил 20 000 м^3. Несмотря на сравнительно небольшой объём селевого потока, его глубина достигала 6,0 м.

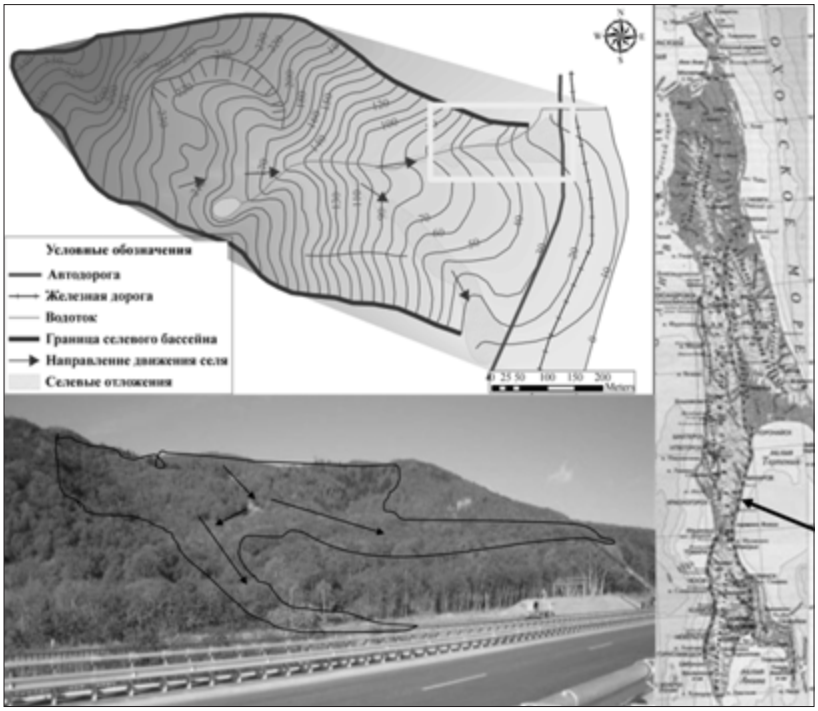


Рисунок 1. Селевой бассейн.
Figure 1. Debris-flow basins.

Твердой составляющей селевого потока послужили отложения тела древнего оползня-потока, развивающегося в песчано-глинистых породах нижнего неогена (верхнедуйская свита) на береговом уступе, причленённом к интрузивному массиву. Массив слагают интрузивные породы среднего миоцена, представленные диоритами и диоритовыми порфиритами.

Селевые отложения – дресвяно-щебнистые с суглинисто-супесчаным заполнителем (Табл. 1, 2). В составе крупнообломочной фракции селевых отложений преобладают глыбы и валуны диорита и мелкозернистого песчаника (Рис. 3, 4). Селем сломано и вынесено в зону аккумуляции большое количество древесных стволов (Рис. 3).

Сель сошёл при фактическом отсутствии атмосферных осадков (3,0 мм за сутки, Рис. 2): в следствие длительного (в течение 1 года) увлажнения пород ПСМ (мелкозём) и последующего резкого их увлажнения в мае 2010 г. при позднем таянии снега. В результате увлажнения породы ПСМ достигли предела текучести и перешли в динамическую фазу (селевой поток).

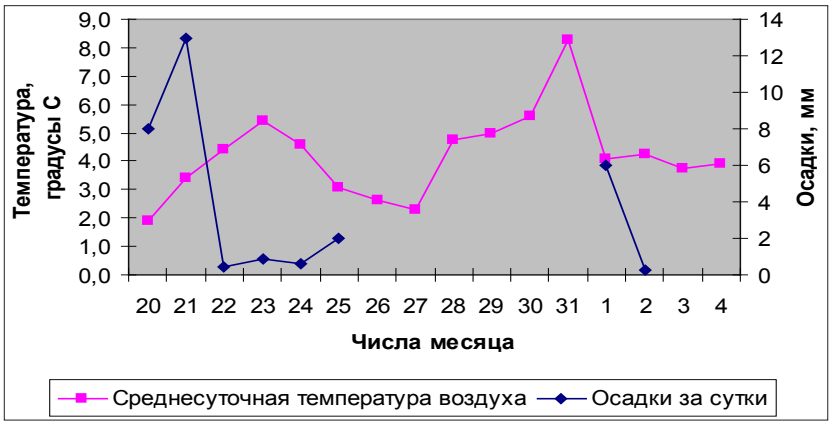


Рисунок 2. Совмещенный график хода температуры воздуха и осадков в период, предшествующий сходу селя (20.05 - 4.06.2010 гг.).
Figure 2. Combined schedule of air temperature and precipitation in the period immediately preceding the lodging (20.05 - 4.06.2010).

Периоды активизации селевых процессов связаны с внутривековыми циклами увлажнения, определяющими состояние грунтов ПСМ. В вековом цикле увлажнения на о. Сахалин нами выделены 5 больших (17-21 год) и 14 малых циклов (6-7 лет) циклов увлажнения, с которыми связаны циклы массовой активизации селевых процессов и периоды формирования грязекаменных селей большого объёма (Генсиоровский, 2011).

Рисунок 3, 4. Размер глыб диорита в селевых отложениях - до 1,5 м.
Figure 3, 4. The size of the diorite blocks in debris flow deposits - up to 1.5 m.

Таблица 1.
Характеристики селевой суспензии.
Characteristics of debris-flow slurry.

Плотность селевой суспензии, г/см^3 The density of debris-flow slurry, g/cm^3	Влажность мелкозёма, %% The moisture content of fine-grained deposits, %%
1,81	77
2,02	74

Таблица 2.
Гранулометрический состав селевых отложений.
Granulometric composition of the debris-flow deposits.

Адрес пробы Adress of probe	Фракция (%) Fraction (%)					
	< 100	50-100	20-50	10-20	5-10	>5
Нижняя граница селевых отложений The lower boundary of the debris-flow deposits	67	14	7	4	3	5
В 40 м выше нижней границы селевых отложений 40 m above the bottom border of debris-flow deposits	44	20	14	8	5	9
В 100 м выше нижней границы селевых отложений, селевой вал 100 m above the bottom border of debris-flow deposits, debris flow shaft	63	12	8	5	3	8
Верхняя граница конуса выноса селя The upper boundary of the debris-flow deposits	67	11	6	3	2	5

Динамические характеристики селя

Скорость селя на разных участках рассчитывалась по 3м методикам: по величине скоростного напора, по диаметру селевых глыб и по формуле В.В. Голубцова (Руководство…, 1990) на основе материалов полевых наблюдений. По результатам полевых наблюдений было построено поле глубин селя и толщины селевых отложений (Рис. 5-6). По результатам расчётов были построены поля скоростей и давления селя (Рис. 7, 8).

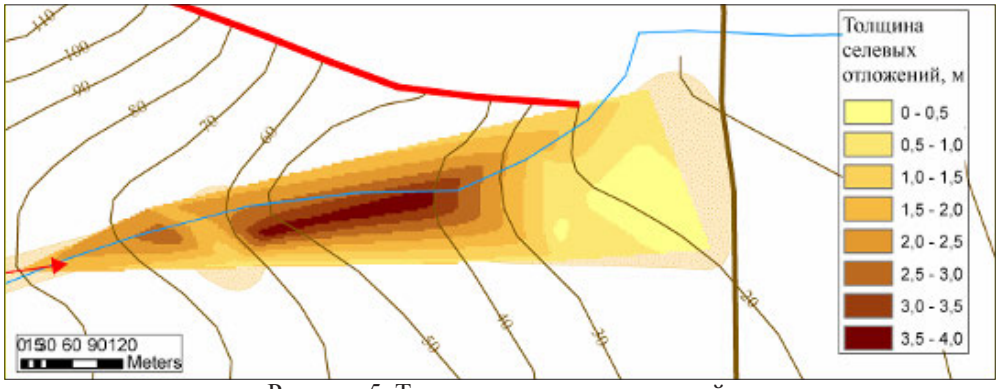


Рисунок 5. Толщина селевых отложений.
Figure 5. The thickness of the debris-flow deposits.

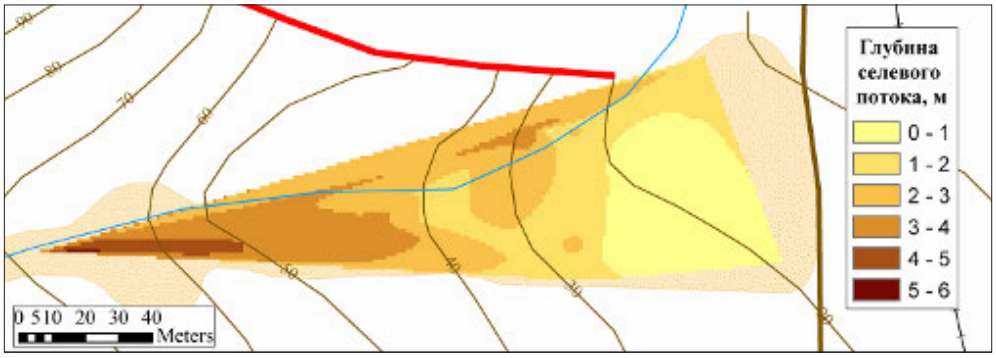
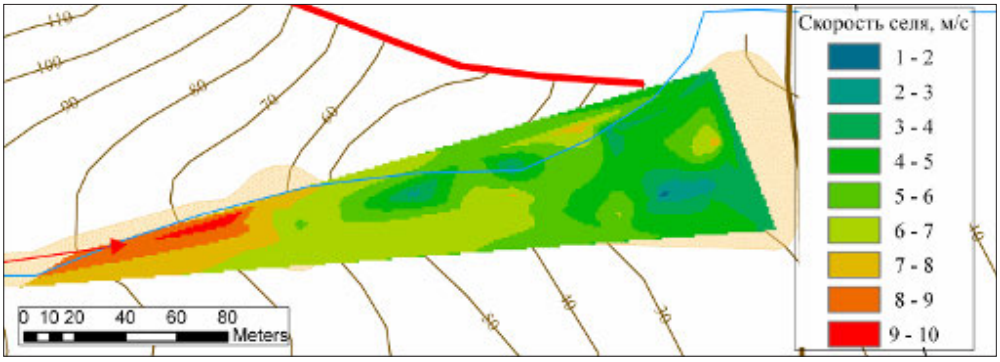


Рисунок 6. Глубина селя на разных участках.
Figure 6. The depth of debris-flow at different sites.



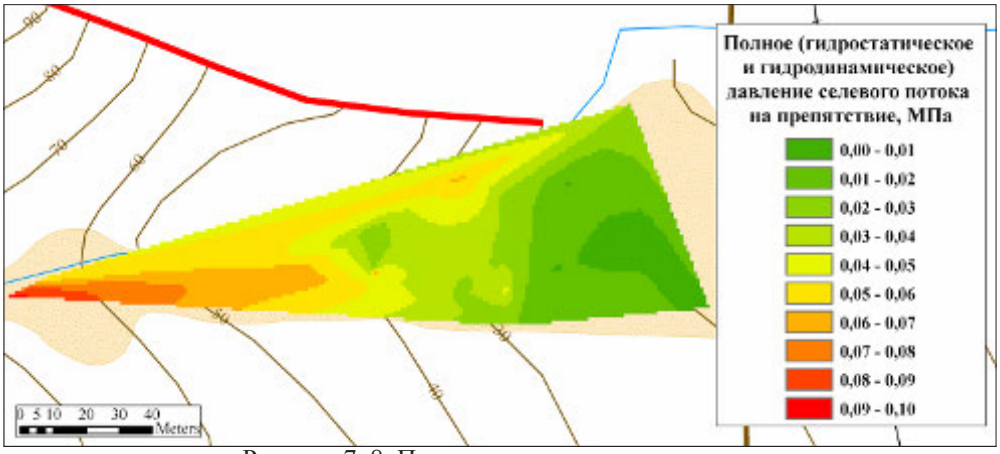


Рисунок 7, 8. Поля скорости и давления селя.
Figure 7, 8. The fields of debris-flow velocity and pressure.

Таблица 3.
Скорость селя, рассчитанная по разным методикам.
The debris-flow velocity calculated by different methods.

Скорость селя /The debris-flow velocity		
по В.В. Голубцову, м/с by V. Golubtsov, m/s	по величине скоростного напора, м/с by the magnitude of the velocity head, m/s	по диаметру селевых глыб, м/с by the diameter of the debris flow blocks, m/s
1,41	3,78	-
-	4,02	4,47
1,59	4,18	-
0,79	2,13	-
0,97	3,51	-
2,67	3,60	3,54
1,61	1,61	-
2,41	5,09	6,12
1,35	3,69	-
1,80	5,22	-
1,51	5,86	4,18
1,44	4,41	-
2,16	5,46	-
2,52	6,13	-
3,18	5,97	-
2,57	4,41	3,50
2,50	4,55	-
2,42	3,42	-
3,06	3,69	-
3,81	7,72	4,18
2,23	7,20	-
2,38	2,67	-
3,50	7,55	-
4,72	10,71	-
3,93	9,86	-
3,24	9,73	-

Заключение

1. Неравномерность распределения скорости, глубины и давления селя обусловливается как характеристиками микрорельефа поверхности селевого русла и зоны аккумуляции селевых отложений, так и неоднородностями структуры самого селя.

2. В селевом процессе геологические факторы селеобразования доминируют над гидрометеорологическими факторами. Обязательным условием формирования связных селей при сдвиговом механизме селеобразования является предварительное увлажнение пород потенциальных селевых массивов. При их недостаточном увлажнении сильные осадки вызывают формирование паводков или несвязных селей, но не приводят к формированию связных селевых потоков.

3. Существующие методики расчёта скорости связных селей дают сильный разброс значений, что связано с несовершенством физических и математических моделей селя. Наиболее близкие к реальным значения скорости селя позволяет получить полевая методика определения скорости селя по величине скоростного напора.

Литература

1. Генсиоровский Ю.В. Экзогенные геологические процессы и их влияние на территориальное планирование городов (на примере о. Сахалин): автореф. дисс. канд. геол.-мин. Наук. Иркутск, 2011. - 19 с.
2. Казаков Н.А.Геологические и ландшафтные критерии оценки лавинной и селевой опасности при строительстве линейных сооружений (на примере о. Сахалин) // Автореф. канд. дисс. Южно-Сахалинск. 2000. 36 с.
3. Казаков Н.А., Жируев С.П. Методика построения среднемасштабных карт природных селевых комплексов. //Прикладная геоэкология, чрезвычайные ситуации и земельный кадастр. Вып. 5.– М.: Полтекс, 2002. – С. 113-114.
4. Руководство селестоковым станциям и гидрографическим партиям. М.: Московское отделение Гидрометеоиздата, 1990 - 198 с.

ГРЯЗЕКАМЕННЫЕ СЕЛИ АНИВСКОГО ГРАНИТНОГО КОМПЛЕКСА НА ТОНИНО-АНИВСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ О. САХАЛИН

Казаков Н.А., Степнова Ю.А., Музыченко А.А.

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,
Сахалинский филиал, Южно-Сахалинск, Россия*

Рассматриваются условия формирования грязекаменных селей на Тонино-Анивском полуострове в пределах Анивского гранитного комплекса. Это единственный селеопасный район на о. Сахалине, где глыбово-валунная фракция селей представлена преимущественно гранитами. Большая степень оббитости селевых валунов указывает на высокую скорость селей, обусловленную большой относительной высотой селевых бассейнов (200 – 300 м) при малой длине зон транзита (200 – 440 м).

Ключевые слова: селевые потоки, гранитный комплекс, о. Сахалин.

DEBRIS-FLOWS OF ANIVA GRANITE COMPLEX ON TONINO-ANIVSKIY PENINSULA ON SAKHALIN ISLAND

Kazakov N.A., Stepnova Yu.A., Muzychenko A.A.

Far East Geological institute FEB RAS, Sakhalin department, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Conditions of debris-flows formation on Tonino-Anivskiy peninsula are considered about. Sakhalin Island within the limits of Aniva granite complex. Is unique debris-flows area on Sakhalin Island where boulder-rock fraction of debris-flows is presented mainly by granite. The greater degree of debris-flow boulders rounded specifies high of debris-flows velocity caused in the big relative height debris-flow basins (200 – 300 m) at small length of debris-flow transit zones (200 – 440 m).

Keywords: debris-flows, granite complex, Sakhalin Island.

Введение

Селевые процессы на о. Сахалине достаточно хорошо изучены (Казаков, Жукова, 1988; Казаков, 2000; Казаков, Жируев, 2002). Однако до последнего времени селевые процессы в Тонино-Анивском хребте (Тонино-Анивский полуостров) были выявлены только на основе дешифрирования аэрофотоснимков и при аэровизуальных наблюдениях (Казаков, Жукова, 1988).

В августе 2009 г. впервые были обнаружены грязекаменные сели на Тонино-Анивском полуострове. Сели сошли 16 июля 2009 г.

Тонино-Анивский хребет представляет собой интрузивный массив, глубоко расчлененный, с высшей отметкой 670 м (г. Корнелия).

С точки зрения селеобразования этот район представляет особый интерес в связи с тем, что это единственный селевой район на о. Сахалине, в котором селеобразующими породами являются граниты.

Селевые бассейны

Геоморфологические условия изучаемого района благоприятны для активного развития селевых процессов. Селевые бассейны представлены денудационными воронками, глубокими крутосклонными долинами и эрозионными врезами с уклонами до 45º (Рис. 1). Относительная высота от бровки водосборов селевых бассейнов до нижней границы зон аккумуляции селевых отложений составляет 370 – 390 м, от селевых очагов – 200 – 240 м. Длина селевых бассейнов – 300 – 600 м, длина зон транзита селей – 220 – 440 м. Водосборы селевых бассейнов задернованы.

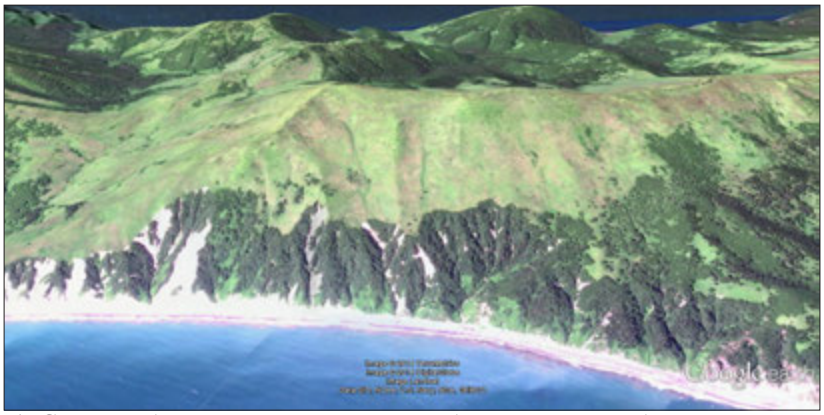


Рисунок 1. Селевые бассейны на восточном побережье Тонино-Анивского полуострова.
Figure 1. Debris-flow basins on the East coast of Tonino-Aniva Peninsula.

Геологические факторы селеобразования

В геологическом плане Тонино-Анивский хребет сложен породами неогена и палеогена. Состав пород: алевролиты, туфоалевролиты, гравелиты, прослои песчаников и линз бентонитовых глин, а также граниты, дайки гранит-порфиров, гранодиорит-порфиров и аплитов (Рис. 2, 3). Песчаники и алевролиты по составу обломочной части относятся к полевошпатово-кварцевым и кварц-полевошпатовым граувакам. Цемент порового, контактово-порового, пленочного, редко коррозионного типа. Состав цемента туффитов - хлоритового и глинисто-хлоритового состава, реже - карбонатный.

Несмотря на прочную интрузивную составляющую горных пород Тонино-Анивского побережья, в комплексе со слабосцементированными неогеновыми отложениями под воздействием интенсивного осадконакопения, наблюдается сход селевых потоков.

Состав горных пород территории благоприятен для формирования связных селей: слабосцементированные алевролиты и песчаники (легко размываемые и размокаемые) насыщают селевой поток глинистыми фракциями, а прочные интрузивные породами формируют валунно-глыбовую составляющую селей.

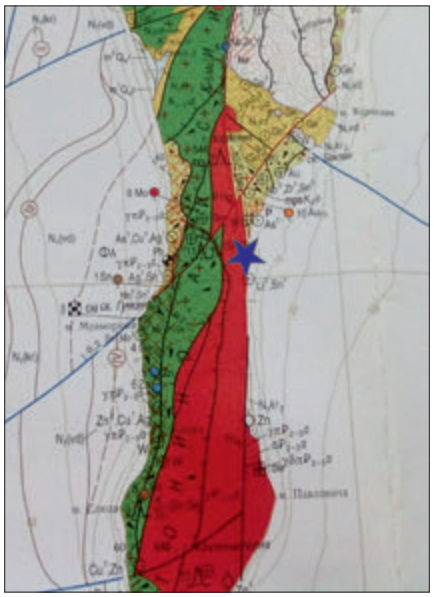


Рисунок 2. Фрагмент геологической карты Тонино-Анивского полуострова о. Сахалин (по Жарову А.Э., 2001). – исследуемый селеопасный участок.
Figure 2. Fragment of geological map of Tonino-Aniva Peninsula Sakhalin Island (Zharov, 2000). – investigated a Debris-flow area.

Сели 2009 г.

16.08.2009 г. на участке восточного побережья Тонино-Анивского полуострова было зафиксировано формирование грязекаменных селей.

Объем селевых отложений составил 800-1000м^3, диаметр валунов достигает 0,5м (Рис. 3).

Рисунок 3. Селевой бассейн и отложения грязекаменного селя, сошедшего 16.07.2009 г. Фото А.А. Музыченко.
Figure 3. Debris-flow basin and debris-flow deposits. 16.07.2009 г. Photo by A.A.Muzychenko.

Крупнообломочная составляющая селевых отложений была представлена гранитами и песчаниками (Рис. 4, 5).

Гранитные валуны в селевых отложениях (Рис. 4, 5) имеют характерную явно выраженную селевую оббитость. Этот факт позволяет говорить о том, что несмотря на малую длину зон транзита селей (220 – 340 м), сели имели выраженный турбулентный характер движения и высокую плотность.

Рисунок 4, 5. Крупнообломочная составляющая селевых отложений: граниты и песчаники.
Фото А.А. Музыченко.
Figure 4, 5. Macro-grained rock component of the debris flow deposits: granites and sandstones.
Photo by A.A.Muzychenko.

Гидрометеорологические условия селеобразования в июле 2009 г.

В июне - июле 2009 г. через южную часть о. Сахалина прошло 2 глубоких циклона, сопровождавшихся выпадением сильных осадков и массовым формированием селей (Генсиоровский…, 2009).

По данным гидрометеорологической станции Южная (с. Новиково) в мае – июле 2009 г выпало количество осадков – 276,2 мм. Месячные суммы осадков за июнь составили 103,4 мм, за июль – 126 мм. Таким образом, в потенциальных селевых массивах был накоплен значительный запас влаги, что и привело к активизации селевых процессов на восточном побережье Тонино-Анивского полуострова.

Максимальная интенсивность осадков была зафиксирована 28 июня – 31мм за 12 часов; 16 июля – 42 мм за 24 часа и 28 июля – 26 мм за 12 часов.

Такие осадки в сочетании с предшествующим увлажнением горных пород потенциальных селевых массивов привели к формированию селей.

Заключение

1. На восточном побережье Тонино-Анивского полуострова (восточные склоны Тонино-Анивского хребта) активно развиваются селевые процессы.

2. Формируются грязекаменные сели, в которых глыбово-валунная составляющая представлена гранитами и песчаниками.

3. Несмотря на малую длину зон транзита (220 – 340 м), сели имеют выраженный турбулентный характер движения и высокую плотность.

Литература

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Объяснительная записка. СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2001. 276 с.+6 вкл. Составители А.Э. Жаров, В.Г. Гальверсен.
2. Казаков Н.А.Геологические и ландшафтные критерии оценки лавинной и селевой опасности при строительстве линейных сооружений (на примере о. Сахалин) // Автореф. канд. дисс. Южно-Сахалинск. 2000. 36 с.
3. Генсиоровский Ю.В., Казаков Н.А. Активизация экзогенных геологических процессов на Южном Сахалине 22-24 июня 2009 года // Георискь. 2009. № 2. С. 56-60.
4. Генсиоровский Ю.В. Экзогенные геологические процессы и их влияние на территориальное планирование городов (на примере о. Сахалин): автореф. дисс. канд. геол.-мин. Наук. Иркутск, 2011. - 19 с.
5. Казаков Н.А.Геологические и ландшафтные критерии оценки лавинной и селевой опасности при строительстве линейных сооружений (на примере о. Сахалин) // Автореф. канд. дисс. Южно-Сахалинск. 2000. 36 с.
6. Казаков Н.А., Жируев С.П. Методика построения среднемасштабных карт природных селевых комплексов. // Прикладная геоэкология, чрезвычайные ситуации и земельный кадастр. Вып. 5.– М.: Полтекс, 2002. – С. 113-114.
7. Казаков Н.А., Жукова З.И. Районирование о. Сахалин по степени проявления селевой деятельности. //Труды гидрометцентра СахалинскогоУГМС. Региональные исследования. Южно-Сахалинск: СУГМС, 1988. – С. 131-137.

ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРА ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ – ОСНОВНАЯ ПРИЧИНА АКТИВИЗАЦИИ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ

Кононова Н.К.

Институт географии РАН, Москва, Россия

Рассмотрены особенности и изменения характера циркуляции атмосферы в течение 1899-2013 гг. на Северном полушарии в целом и в селеопасных регионах России. Показана роль увеличения межширотного обмена воздушных масс в активизации селевых потоков. Выявлены типичные синоптические ситуации, способствующие формированию селей в конкретных регионах.

Ключевые слова: циркуляция атмосферы, сель

Активность селей при прочих равных условиях зависит от погоды, которая определяется характером атмосферных процессов. Циркуляция атмосферы рассмотрена в типизации, разработанной под руководством Б.Л. Дзердзеевского (Дзердзеевский, Курганская, Витвицкая, 1946). Проанализирован период 1899-2013 гг. (www.atmospheric-circulation.ru). В первой половине XX века (рис. 1) на Северном полушарии выше средней многолетней была суммарная годовая продолжительность зональной циркуляции. При ней в холодный период над средними и низкими широтами континентов устанавливался антициклонический режим, а по северу континентов с запада на восток перемещались циклоны. В тёплое полугодие на большей части континентов преобладала циклоническая циркуляция. Во второй половине XX века главенствующей стала меридиональная циркуляция. Её суммарная годовая продолжительность начала расти после минимума 1938 г. (141 день). С 1989 г. суммарная годовая продолжительность меридиональных процессов устойчиво превышает 300 дней в году. Максимумы приходятся на 2000 г. (346 дней) и 2009 г. (347 дней).

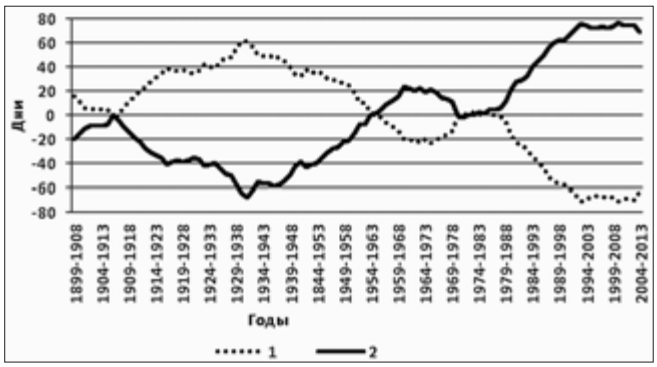


Рисунок 1. Десятилетние скользящие средние суммарной годовой продолжительности групп циркуляции Северного полушария за 1899-2013 гг.: 1-зональная циркуляция, 2-меридиональная циркуляция.

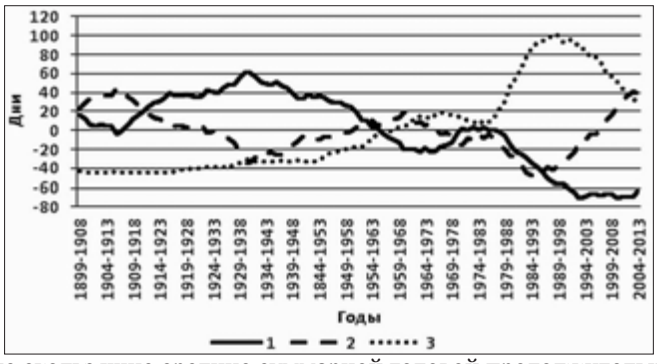


Рисунок 2. Десятилетние скользящие средние суммарной годовой продолжительности групп циркуляции Северного полушария за 1899-2013 гг.:
1-зональная циркуляция, 2-меридиональная северная, 3-меридиональная южная.

В 1981-1998 гг. основной вклад в межширотный обмен вносили южные циклоны (рис. 2). С 1999 г. в связи с уменьшением отдачи тепла океаном в атмосферу (Анисимов и др., 2012) увеличилась роль арктических вторжений. В 2012 г. почти треть года (108 дней) приходилось на циркуляционные процессы с четырьмя одновременными выходами южных циклонов на полушарии и столькими же блокирующими процессами в их тылу. Близость разнородных воздушных масс способствует обострению атмосферных фронтов и создаёт благоприятные условия для выпадения обильных осадков, провоцирующих сход селей. Такая ситуация в XXI веке почти ежегодно создаётся в горах Кавказа (Сейнова, Золотарёв, 2001; Malneva, Kononova, 2011), находящихся на пути средиземноморских циклонов. Встречая на пути преграду в виде антициклона над Европейской Россией, циклоны либо оставляют всю влагу в горах Кавказа, либо уносят её в Западную Сибирь и Среднюю Азию, создавая условия для схода селей в горах. Селевые катастрофы в XXI веке не раз отмечались в Таджикистане (Мальнева, Кононова, 2012).

На Дальнем Востоке ситуация особенно опасная, поскольку южные циклоны, зачастую бывшие тайфуны, регенерировавшие на фронтах полярнофронтовых циклонов, упираются в полосу высокого давления, направленную на Тихий океан через Берингов пролив. Они несут большой запас влаги и перемещаются с большой скоростью, поэтому количество осадков и последствия их выпадения могут быть катастрофическими на большой территории (Генсиоровский, Казаков, 2009; Мусохранова, Генсиоровский, Казаков, 2010; Kononova, Malneva, 2007). В 2013 г. такая синоптическая ситуация на Дальнем Востоке отмечалась в течение 125 дней. Этот год пришёлся на фазу Ла-Нинья (Бышев и др., 2014), когда зимний и летний муссоны особенно сильны, снежная зима сменяется дождливым летом, а тропические циклоны продвигаются далеко к северу. Суммарная годовая продолжительность южных циклонов на Дальнем Востоке в XXI веке наибольшая за весь период с 1899 г. (рис. 3).

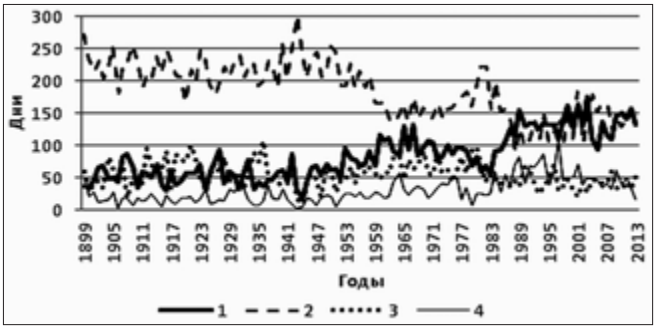


Рисунок 3. Суммарная годовая продолжительность групп циркуляции на Дальнем Востоке:
1 – долготная южная, 2 – широтная западная в сочетании с долготной южной, 3 – долготная северная в сочетании с долготной южной, 4 – долготная южная в сочетании со стационарным положением.

Как видно на рисунке, в первой половине XX века, как и на всём Северном полушарии, на Дальнем востоке в северных широтах преобладало перемещение западных циклонов. В отличие от остальной части континента, в средних и низких широтах при этом отмечалось не стационирование антициклонов, а выход южных циклонов, которые затем регенерировали на арктическом фронте и вливались в западные циклоны. Суммарная годовая продолжительность этой группы циркуляции составляла 200-250 дней (см. рис. 3). Во второй половине XX века и в последнее десятилетие продолжительность этой группы циркуляции сократилась до 100-170 дней в году, зато до такого же уровня выросла продолжительность южных циклонов, которые, перемещаясь вдоль Дальневосточного побережья, встречают на своём пути, как отмечалось выше, полосу высокого давления, препятствующую дальнейшему продвижению. Такое синоптическое положение способствует катастрофической активизации селей. Примечательно, что при указанных атмосферных процессах аналогичная

ситуация развивается в Европейском секторе: средиземноморские циклоны встречают преграду в виде устойчивого антициклона на юге Русской равнины. В результате угроза схода селей возникает одновременно на Дальнем Востоке, в горах Кавказа, юга Сибири и Средней Азии (Kononova, Malneva, 2012). Весной 2014 г. обильные и катастрофические осадки уже вызвали наводнения и сход селей на Балканах, на Кавказе, Алтае и Дальнем Востоке.

Суммарная годовая продолжительность атмосферных процессов, при которых южные циклоны в разных секторах Северного полушария встречают на своём пути устойчивый антициклон, в настоящее время находится на самом высоком уровне за весь период с 1899 г. В связи с этим риск возникновения одновременных селевых катастроф в горах, расположенных в разных регионах России и ближнего зарубежья, очень велик.

Литература

1. Анисимов М.В., Бышев В.И., Залесный В.Б., Мошонкин С.Н. Междекадная изменчивость термической структуры вод Северной Атлантики и её климатическая значимость. // Доклады РАН, 2012, том 443, № 3, с. 372-376.
2. Бышев В.И., Нейман В.Г., Пономарёв В.И., Романов Ю.А., Серых И.В., Цурикова Т.В. Роль глобальной атмосферной осцилляции в формировании климатических аномалий Дальневосточного региона России. // Доклады РАН, 2014, том 458, № 1, с. 92-96.
3. Генсиоровский Ю.В., Казаков Н.А. Активизация экзогенных геологических процессов на Южном Сахалине 22–24 июня 2009 г. // Геориск. 2009. № 2. С. 56–60.
4. Дзердзеевский Б.Л., Курганская В.М., Витвицкая З.М. Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов. // Тр. н.-и. учреждений Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Сер. 2. Синоптическая метеорология; Вып. 21. Центральный институт прогнозов. М., Л., Гидрометиздат, 1946, 80 с.
5. Мальнева И.В., Кононова Н.К. Активность селей на территории России и ближнего зарубежья в XXI веке. // ГеоРиск, 2012, № 4, с. 48-54.
6. Мусохранова Л.А., Генсиоровский Ю.В., Казаков Н.А. Уязвимость территории населенных пунктов Сахалинской области к воздействию опасных природных процессов и меры, принимаемые для ее защиты // Градостроительство. 2010. № 6. С. 33–39.
7. Сейнова И.Б., Золотарев Е.А. Ледники и сели Приэльбрусья (эволюция оледенения и селевой активности). М.: Научный мир: МГУ, 2001. 203 с.
8. Kononova, N.K, Malneva I.V. (2007).The Estimation of Mud Flow and Landslide Hazard on the Island Sakhalin in the Next Decade. The Proceedings of the International Geotechnical Symposium “Geotechnical Engineering for disaster prevention & reduction”. July 24-26, 2007, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia. Kazakhstan Geotechnical Society, CIR Publisher of Korean Publishing Company, Seoul, 2007, p. 180-183.
9. Kononova, N.K, Malneva I.V. Debris flow and landslide hazards under certain types of atmospheric circulation. // Geography, Environment, Sustainability Journal. Russian Geographical Society, Faculty of Geography M.V. Lomonosov Moscow University, Institute of Geography Russian Academy of Sciences. 2012, No 02 [5], c. 68-77.
10. Malneva I.V & N.K. Kononova. Assessment of a mudflow hazard on the Black Sea coast of Caucasus and adjacent mountainous areas. // 5th International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction and Assessment. Padua, Italy - 14-17 June 2011. // Italian Journal of Engineering Geology and Environment – Books. © 2011 Casa Editrice Università La Sapienza p. 965-971.

ATMOSPHERIC CIRCULATION CHANGES AS THE MAIN CAUSE OF MUDFLOW ACTIVITY

Kononova N.K.

Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

The characteristics and changes in the nature of the atmospheric circulation for the years 1899-2013. over the Northern Hemisphere and mudflow regions in Russia were studied. The impact of meridional exchange of air masses on the activity of mudflows was noted. Revealed typical synoptic situation, contributing to the formation of debris flows in specific regions.

Key words: atmospheric circulation, weather, mudflow

Mudflow activity ceteris paribus depends on the weather, which is determined by the nature of atmospheric processes. Atmospheric circulation is considered in classification, developed under the leadership of BL Dzerdzeevskii (Dzerdzeevskii, Kurganskaya, Vitvitskaya, 1946). Period 1899-2013 was analyzed (www.atmospheric-circulation.ru). In the first half of the twentieth century (Fig. 1) in the Northern Hemisphere was above the long-term average total annual duration of the zonal circulation. In the cold period with it high pressure installed over the middle and low latitudes of continents. Cyclones moved over the north continent from west to east. During the warm half of the year cyclonic circulation was dominant in most parts of the continents. In the second half of the twentieth century the meridional circulation became dominant. Its total annual duration began to grow after the minimum in 1938 (141 days). Since 1989, the total annual duration meridional processes consistently over 300 days per year. Maxima occur in 2000 (346 days) and 2009 (347 days).

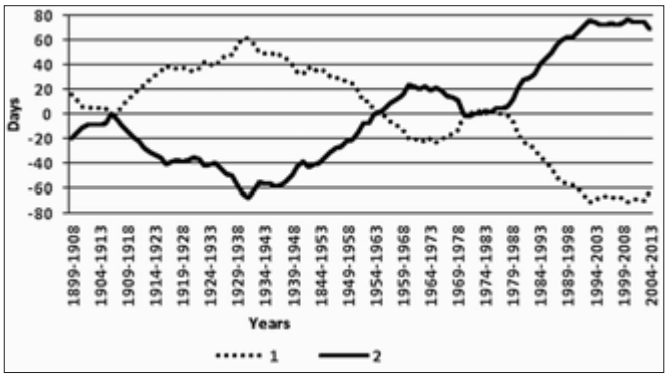


Figure 1. Decadal Moving Averages total annual duration of the Northern Hemisphere atmospheric circulation groups for the 1899-2013: 1-zonal circulation, 2-meridional circulation.

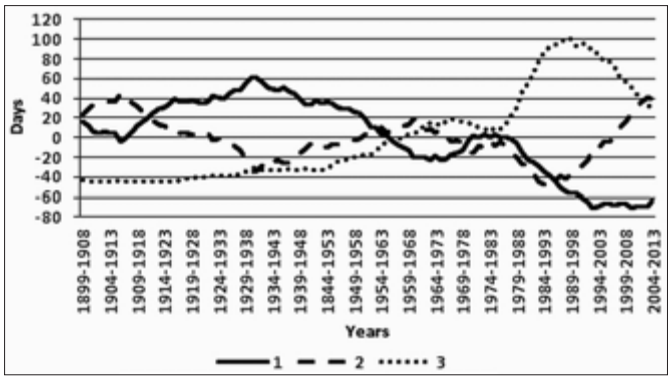


Figure 2. Decadal Moving Averages total annual duration of the Northern Hemisphere atmospheric circulation groups for the 1899-2013: 1-zonal circulation, 2-northern meridional circulation, 3- southern meridional circulation.

In 1981-1998 southern cyclones have made main contribution to the interlatitudinal

exchange of air mass (Fig. 2). Since 1999, due to the reduced heat emission into the atmosphere of the ocean (Anisimov et al, 2012) increased the role of the Arctic intrusions. In 2012 almost a third of the year (108 days) accounted for circulation processes with four simultaneous outputs southern cyclones and as many blocking processes in their rear. Proximity of dissimilar air masses causes the exacerbation of atmospheric fronts and creates favorable conditions for heavy rainfall, triggering mudflow. This situation in the XXI century created almost annually in the Caucasus Mountains (Seinova, Zolotarev, 2001; Malneva, Kononova, 2011) in the path of Mediterranean cyclones. Encountering an obstacle on the way in the form of an anticyclone over European Russia, cyclones or leave any moisture in the Caucasus mountain, or carry it in Western Siberia and Central Asia, setting the stage for mudflow in the mountains. Debris flow disaster in the XXI century has repeatedly observed in Tajikistan (Malneva, Kononova, 2012).

In the Far East situation is particularly dangerous because southern cyclones, typhoons often former, regenerated on the fronts mid-latitudes cyclones abut the band of high pressure aimed at the Pacific Ocean through the Bering Strait. They carry a large supply of moisture and move with great speed, so the amount of precipitation and the consequences of their loss can be devastating to a large area (Gensiorovsky, Kazakov, 2009; Musohranova, Gensiorovsky, Kazakov, 2010; Kononova, Malneva, 2007). In 2013, this synoptic situation in the Far East was observed for 125 days. This year came the phase of La Niña (Byshiv et al, 2014), when the winter and summer monsoons are particularly strong, snowy winter turns rainy summer, and tropical cyclones are moving away to the north. Total annual duration of southern cyclones in the Far East in the XXI century is the greatest in the whole period from 1899 (Fig. 3).

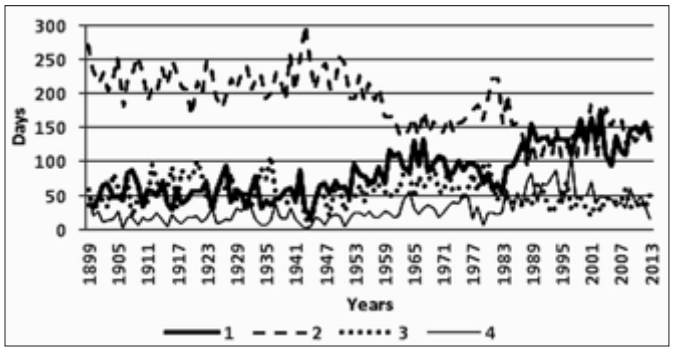


Figure 3. Total annual duration of circulation groups in the Far East: 1 - longitude south, 2 - Western latitude in combination with longitude south, 3 - North longitude in combination with longitude south, 4 - longitude south in conjunction with a stationary position

As the figure 3 shows, in the first half of the twentieth century, as well as throughout the Northern Hemisphere, the Far East in the northern latitudes western movement of cyclones dominated. Unlike the rest of the continent, in the middle and low latitudes while noting no stationary anticyclones, but southern cyclones, which are then regenerated at the Arctic front and poured into the western cyclones. The total annual duration of this circulation group was 200-250 days (see Fig. 3). In the second half of the twentieth century and in the last decade duration of this circulation group dropped to 100-170 days per year, but to the same level of increased duration of southern cyclones that move along the coast of the Far East, meet on the way, as noted above, high-bandwidth pressure, preventing further advancement. This synoptic situation promotes catastrophic mudflow activity. It is noteworthy that under these atmospheric processes similar situation is developing in the European sector: Mediterranean cyclones encountered obstacles in the form of sustainable anticyclone in the south Russian plains. As a result, the threat of mudflow occur simultaneously in the Far East and in the Mountains of Caucasus, southern Siberia and Central Asia (Kononova, Malneva, 2012). In the spring of 2014 heavy rainfall have already caused catastrophic flooding and mudflow in the Balkans, the Caucasus, the Altai and the Far East.

Total annual duration of atmospheric processes in which southern cyclones in different sectors of the Northern Hemisphere meet on the way stable anticyclone is currently at the highest level for the entire period from 1899. In connection with this situation the risk of simultaneous debris flow disasters in the mountains located in different regions of Russia and abroad, is very large.

References

1. Anisimov MV Byshiv VI, Zalesny VB, Moshonkin. SN. Long-term variability of the thermal structure of the North Atlantic and its climatic significance. // Reports of the Russtan Academy of Sciences, 2012, Volume 443, № 3, p. 372-376.
2. Byshiv VI, Neiman VG, Ponomarev VI, Romanov YA, Serykh IV, Tsurikova TV. The role of global atmospheric oscillations in the formation of climate anomalies Russian Far East. // Reports of the Russian Academy of Sciences, 2014, Volume 458, № 1, p. 92-96.
3. Gensiorovsky YV, Kazakov, NA. Activity of exogenic geological processes in southern Sakhalin 22-24 June 2009 // Georisk. 2009. № 2, p. 56-60.
4. Dzerdzeevskii B.L., Kurganskaya, V.M. and Vitvitskaya, Z.M. Classification of circulation mechanisms in Northern Hemisphere and characteristics of synoptic seasons. Works of science institute of Gidrometeorological service, ceria 2. Synoptic meteorology. Publication 21. Gidrometizdat, Moscow, 80 p.
5. Malneva IV, Kononova NK. Activity mudflows in Russia and neighboring countries in the XXI century. // GeoRisk, 2012, № 4, p. 48-54.
6. Musohranova LA, Gensiorovsky YV, Kazakov NA. Vulnerability in the residential areas of the Sakhalin area to exposure to hazardous natural processes and the measures taken to protect it // Gradostroitelstvo, 2010. № 6, p. 33-39.
7. Seinova IB, Zolotarev EA. Glaciers and mudflows of Elbrus region (evolution of glaciers and debris flow activity). Scientific World: Moscow State University, 2001. 203 p.
8. Kononova, N.K, Malneva I.V. (2007).The Estimation of Mud Flow and Landslide Hazard on the Island Sakhalin in the Next Decade. The Proceedings of the International Geotechnical Symposium "Geotechnical Engineering for disaster prevention & reduction". July 24-26, 2007, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia. Kazakhstan Geotechnical Society, CIR Publisher of Korean Publishing Company, Seoul, 2007, p. 180-183.
9. Kononova, N.K, Malneva I.V. Debris flow and landslide hazards under certain types of atmospheric circulation. // Geography, Environment, Sustainability Journal. Russian Geographical Society, Faculty of Geography M.V. Lomonosov Moscow University, Institute of Geography Russian Academy of Sciences. 2012, No 02 [5], c. 68-77.
10. Malneva I.V & N.K. Kononova. Assessment of a mudflow hazard on the Black Sea coast of Caucasus and adjacent mountainous areas. // 5th International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction and Assessment. Padua, Italy - 14-17 June 2011. // Italian Journal of Engineering Geology and Environment – Books. © 2011 Casa Editrice Università La Sapienza p. 965-971.

К МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ АКТИВНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ СЕЛЕЙ ГОРНО-ТАЕЖНЫХ ОБЛАСТЕЙ

Лехатинов А.М.

ФГБУ Национальный парк «Тункинский», Кырен, Россия

Эффективность использования фитоиндикационных методов изучения активности проявления селей горно-таежных областей при составлении временных прогнозов.

Ключевые слова: сели, прогноз, методы.

TO STUDY THE ACTIVITY OF MUDFLOWS IN MOUNTAINOUS TAIGA AREAS

Lekhatinov A.M.

FGBU Tunkinsky National Park, Kyren, Russia

Phyto-indicative efficiency techniques to study the activity of mudflows in mountainous Taiga regions in drawing up the interim projections.

Key words: debris flows, forecast, methods.

С развалом великого по территории Советского государства, в состав которого входили исторически селеопасные союзные республики: Таджикистан, Казахстан, Узбекистан, Туркменистан, Грузия и другие зарубежные регионы, снизился научный интерес России к селевым проблемам. На территории России, кроме Северного Кавказа, населенные пункты и другие объекты традиционно расположены в безопасных природных условиях в стороне от мест проявления селей, лавин. Поэтому проблема их изучения носит второстепенный характер в научном сообществе и государстве. Однако, расширение сети строительства трубопроводов, дорог, включая второй путь БАМа, разработки новых месторождений полезных ископаемых, лесных ресурсов, расширение маршрутов туризма и других видов хозяйствования – все они обуславливают необходимость изучения и прогнозирования опасных природных процессов, особенно селей и наводнений. По опасности для жизни человека, значительно отличаются селевые потоки от наводнений неожиданностью и разрушительной силой. Особенно, когда оползни-потоки трансформируются в склоновые сели, которые подпитывают или формируют более мощный и плотный поток в главном русле. На селевых выносах сохраняются следы их воздействия на деревьях и других растениях.

Селеопасность горно-таежных областей не изучалась до второй половины XX века. Активность схода крупных селей, путем регулярного наблюдения за их проявлением, не изучается до сих пор на территории Сибири и Дальнего Востока в необходимых объемах для составления оперативных и краткосрочных прогнозов. Поэтому Аршанская селевая катастрофа 2014 г. была полной неожиданностью для Республики Бурятия. Достоверность прогноза селей, как и других природных процессов, зависит от длины временного ряда наблюдений за их проявлением. Анализ временных рядов дает возможность определить тенденцию развития селей. Их активность в прошлом выявляется путем снятия естественной информации с растительных носителей. Фитоиндикационные методы, которые впервые начали разрабатываться во второй половине прошлого века, незаслуженно забыты и не совершенствуются, несмотря на то, что без них невозможно прогнозировать сход селей с точностью до одного - двух лет.

Фитоиндикационные методы изучения природных процессов, особенно климатических, используются давно. В России дендроклиматические исследования начали проводить

еще в середине позапрошлого века (А.Ф. Миддендорф, А.Н. Бекетов, Ф.Н. Шведов и др.). Немного позднее американские исследователи дендроклиматическими методами установили цикличность в колебании климата в Северной Америке за последние тысячелетия (А.Э. Дуглас, В.С. Глок, Э. Шульман и др.). Возможность использования фитоиндикационных методов при изучении экзогенных геологических, особенно селевых процессов, была использована в 1963-1971 г.г. Первые практические результаты в области дендрохронологических исследований были получены в разных регионах: Хибины (В.Ф. Перов), Прибайкалье (А.М. Лехатинов), Приэльбрусье (В.И. Турманина). Почти одновременно, не зная друг друга, разработали разные методы фитоиндикации схода селей. Каждый самостоятельно вывел признаки и способы снятия косвенной и прямой информации с древесной растительности о годах прохождения мощных селей в прошлом.

Фитоиндикационные методы изучения селевых процессов подразделяются на фитоценотический, дендрохронологический и лихенометрический.

Фитоценотический метод индикации природных процессов основан на изучении эволюционной смены флористического состава, структуры растительных сообществ на участках их проявлений. При помощи фитоценотической индикации распознаются место, масштаб, выявляется приблизительное время проявления селей. Положительные результаты она дает при определении общей тенденции регионального развития этих процессов. По сомкнутости растительных сообществ оцениваются, при дешифрировании аэрофотоснимков и фотоснимков, преобладающий грансостав поздних отложений. Резкая смена цветовой тональности растительности на снимках, позволяет выделить участки селевых отложений различного возраста. Особенно хорошо по структуре и сомкнутости растительных сообществ распознаются участки проявления селей при аэровизуальном картировании. Наибольшая сомкнутость лесной растительности наблюдается на отложениях грязевых и грязекаменных селей и сравнительно меньшая – на глыбо-валунных образованиях водокаменных селей. Однако результаты фитоценотического метода изучения проявления селей не могут быть использованы при составлении окончательных временных рядов их активности.

Для получения достоверных результатов при реконструкции временных рядов, составляемых с целью составления временных прогнозов селей, режим которых недостаточно изучен, применяются дендрохронологические методы восстановления времени их активизации. При этом принимается аксиома – деревья носители информации природных процессов, четко фиксируют любые изменения, происходящие в среде их произрастания, и регистрируют все механические, биологические и другие травмы, им наносимые. Дендрохронологическая индикация (дендроиндикация) подразделяется на несколько методов, которые дополняют информацию, получаемую применением каждого из них в отдельности (рис. 1).

Рисунок 1. Классификационная схема дендроиндикации селевых процессов при восстановлении временных рядов их активизации (А.М. Лехатинов).

Возрастная дендроиндикация – это датировка проявления селей по возрасту древесно-кустарниковой растительности на отложениях различной свежести. По репрезентативности получаемой информации возрастная дендроиндикация подразделяется на древостойную, кустарниково-жердевую и порослевую.

Древостойная (зрелолесная) индикация используется для выявления региональных закономерностей эволюции селевых процессов в многовековом разрезе по возрасту зрелых и перестойных лесных насаждений. Оценивается общая направленность и интенсивность этих процессов в зависимости от положения базисов эрозии, денудации и изменения климатических условий. Так, с использованием древостойной индикации была дана оценка эволюции селевых процессов в Байкало-Становом нагорье. Дифференциация растительных сообществ по возрасту, позволила выделить пять групп разновозрастных конусов выноса: а) очень древних – покрытых многоярусным перестойным лесом (хвойным), в котором обнаженные глыбы селевых гряд подвержены интенсивному выветриванию (первая половина позднего плейстоцена – каргинское межледниковье); б) древних, наложенных на очень древние конуса, покрытых спелым смешанным лесом с подлеском, глыбы и валуны селевых выносов подвержены слабой десквамации (конец позднего плейстоцена); в) старых, наложенных на древние, покрытых неполноярусным лесом, селевые отложения с плотным пустынным загаром (ранний голоцен); г) молодых, вложенных в древние, и покрытых редколесьем со слабым подлеском, селевые отложения имеют незначительный загар (историческое время); д) современных, вложенных в молодые конуса, покрытых вторичным лесом и кустарником (последнее столетие).

По распространенности и размерам (площади и мощности) конусов выноса пяти возрастных групп установлено, что селевая активность в Прибайкалье была наибольшей в период отступления ледников в плейстоцене. Снижение этой активности началось с раннего голоцена и продолжается по настоящее время.

Для составления временных рядов схода селей дендрохронологические исследования проводятся в пределах молодых и современных конусов выноса. При возрастной дендроиндикации производится предварительное районирование селевых поверхностей по ареалам одновозрастных видов леса с использованием аэрофотоснимков. Выделяются участки (ареалы) древостойных, кустарниково-жердевых и порослевых насаждений с составлением их абрисов. На каждом участке отбираются дендропробы на определение возраста селевых отложений. Результаты анализа древостойных насаждений дополняются результатами кустарниково-жердевой и порослевой дендроиндикации. По возрасту кустарников и жердевого (молодого) леса определяется активизация селей за последние 10-30 лет. Возрастным анализом поросли выявляется время образования наиболее свежих селевых отложений. Точность датировки может в пределах (+ -) 1 года в зависимости от вида поросли. Известно, что пневая поросль появляется в год и редко через год после схода селей. Семенная поросль возобновляется медленнее и может давать ошибку при датировке процессов в пределах (+ -) 2- 3 года.

Морфолого-анатомическая дендроиндикация подразделена на деформационную и травматическую. В.И. Турманина широко применила деформационный анализ годичных колец деревьев, наклоненных селевым потоком. Датировка проявления селей заключается в изучении ширины годичных колец, выделяющихся среди других резкой ассиметрией. Смена относительно симметричных колец на эллипсоидные обусловливается формированием креневой и тяговой древесины в связи с изменением вертикального положения ствола дерева, приваленного селевыми отложениями, на наклонное. Простым подсчетом количество годичных колец креневой и тяговой древесины устанавливается дата наклона дерева селем.

Травматическая морфолого-анатомическая дендроиндикация селей основана на изучении следов механического повреждения стволового камбия дерева. Выявлением приуроченности повреждений на древесных стволах к годичным кольцам устанавливается дата

воздействия на них селевых потоков (впервые разработан и применен А.М. Лехатиновым при изучении селей Прибайкалья в 1963-1966 г.г.). На анализ отбираются дендропробы (спилы) с поврежденных селем деревьев, растущих на различных участках транзита и аккумуляции селевого бассейна. Предварительно, до отбора спилов, визуально оценивается подверженность деревьев к воздействию селей. Выбираются наиболее поврежденные деревья, по которым устанавливаются также основные элементы селевого потока – высота вала, эпюра скоростей. По грязевым замазкам и вмятинам на стволах определяется основной состав селевой массы и другие параметры. Травмированный луб или камбий при залечивании оставляет различные следы на годичных кольцах. Размеры и формы таких следов зависят от формы повреждения. При сильных повреждениях на месте раны прекращается отложение древесины. В таких случаях, как правило, рана не закрывается полностью при приросте древесины. Небольшие вмятины, разрывы камбия в межселевой период зарастают в виде встречных завитков, линз и утолщений на кольцах. Раны на спилах выделяются последовательной привязкой к годам роста дерева, и их количество более точно показывает частоту воздействия селей. Год повреждения определяется подсчетом количества годичных колец, образовавшихся на тыльной от потока стороне дерева. Подсчет проводится относительно кольца, к которому приурочены следы повреждений. Травматическая морфолого-анатомическая дендроиндикация позволяет получить объективные результаты, которыми окончательно корректируются даты прохождения мощных селей в течение 200-300 и более лет (зависит от возраста поврежденных деревьев).

Дендрометрический метод изучения режима активизации селей основан на анализе изменения годичного прироста деревьев в экстремальных условиях. Он состоит из двух способов определения времени активизации – анализа радиального и побегового прироста.

Радиальный анализ годичного прироста дает возможность выявить прирост древесины в год воздействия селей на деревья. На анализ радиального прироста отбираются дендропробы с деревьев, корни которых частично обнажаются, при сохранении ими вертикального положения. В год подмыва корней селевым потоком, особенно в начале лета, формируются угнетенные годичные кольца. Такие кольца могут сформироваться и в последующие годы. По разности радиального прироста между деревьями, растущими в нормальных и нарушенных селями условиях, определяется время обнажения корней – проявления селей (Лехатинов, 1984).

Побеговая дендроиндикация заключается в определении возраста селя по возрасту боковых побегов деревьев. Запрокинутое или опрокинутое дерево, когда крона оказывается ниже комля, дает вертикальные побеги, которые могут составлять угол между стволом менее 90^0, т.е. направлены в сторону комля. По возрасту побегов датируют селевую активизацию с ошибкой (+ -) 1-2 года. Лихенометрическая индикация проявления селей основана на анализе ежегодного прироста накипных лишайников на селевых отложениях, сведения о ней содержатся в работах В.И. Турманиной. Сущность метода заключается в массовом замере диаметров крупных колоний лишайников и вычислении средней величины прироста. Исходной точкой отсчета является время образования лишайников на отложениях, фактически установленного возраста. Эта индикация используется для относительной датировки проявления процессов.

В целом, фитоиндикационные методы более успешно используются и дают удовлетворительные результаты при восстановлении режима схода селей в прошлом. Составленные временные ряды были положены в основу прогноза селей регионов с недостаточной изученностью (Лехатинов: Таджикистан, Западная Грузия, Горный Крым, Восточные Саяны, зона БАМ и т.д.).

С разработкой фитоиндикационных методов изучения режима селей, стало возможным составление долговременных прогнозов при отсутствии результатов мониторинга их схода в горно-таежных областях.

Литература

1. Лехатинов А.М. Дендрологический метод установления времени и периодичности прохождения селевых потоков. Вестник МГУ, сер. геогр. №2, 1967, с. 140-142.
2. Лехатинов А.М. Современные геологические процессы на Черноморском побережье СССР, М.: из-во Недра, 1976. 121 с.
3. Лехатинов А.М. Дендрохронологические методы прогнозирования экзогенных рельефообразующих процессов. Климат, рельеф и деятельность человека. М.: из-во Наука, 1981, с. 248-255.
4. Лехатинов А. М.: Фитоиндикационные методы и изучения режима селей и оползней. В кн «Оползни и сели», М.: из-во «ГКНТ», 1984, с. 136-141.
5. Турманина В.И. Количественная оценка селеносности бассейна по растительности. Селевые потоки и горно-русловые процессы. Ереван: из-во Арм. АН,1968, с. 305-309.
6. Турманина В.И. Влияние на растительность внутривековых ритмов увлажненности. Ритмы и цикличность в природе. Вопросы географии, 1979, № 79, с. 105-110.

АКТИВНОСТЬ СЕЛЕЙ НА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ В ПЕРИОД СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

[1]Мальнева И.В., [2]Кононова Н.К., [3]Крестин Б.М.

[1]ФГУП ВСЕГИНГЕО, Московская область, Россия
[2]Институт географии РАН, Москва, Россия
[3]ФГУП ВСЕГИНГЕО, Московская область, Россия

Рассмотрены условия формирования селей на наиболее крупных островах Курильской гряды: Парамушир, Итуруп и Кунашир и дается оценка их активности в период современных изменений климата. При анализе активности селей используется типизация атмосферной циркуляции по Б.Л. Дзердзеевскому, позволяющая определить селеопасную погоду на островах.

Ключевые слова: сели, активность, атмосферная циркуляция

MUDFLOW ACTIVITY ON THE KURIL ISLANDS DURING THE PERIOD OF MODERN CLIMATE CHANGES

[1]Malneva I.V., [2]Kononova N.K., [3]Krestin B.M.

[1]All-Russian Research Institute for Hydrogeology & Engineering Geology (VSEGINGEO), Moscow Region, Russia
[2]Institute of Geography RAS, Moscow, Russia
[3]All-Russian Research Institute for Hydrogeology & Engineering Geology (VSEGINGEO), Moscow Region, Russia

The conditions of mudflows forming on the largest of Kuril Islands: Paramushir, Iturup and Kunashir are described and assess of their activity according to the current climate changes is given using the classification of atmospheric circulation by B.L. Dzerdzeevskiy. This allows to define the mudflow causing weather on the Kuril Islands.

Key words: mudflow, activity, atmospheric circulation

Сели на островах Большой Курильской гряды широко распространены. Особенностью селевого процесса в этом регионе является то, что формирование селевых потоков в весьма значительной степени связано с деятельностью вулканов. Твердая составляющая селей формируется в основном за счет пирокластического материала и гидротермально измененных вулканогенных отложений, слагающих вулканические сооружения, а водная составляющая – за счет дождей и таяния снега. Подобные сели вполне вероятны на всех водотоках действующих вулканов на островах Парамушир (реки Городская, Кузьминка, Матросская, Юрьевка, Горшкова, практически все водотоки северной и южной частей хр. Карпинского и массива Фусса), Итуруп. На острове Итуруп известен один случай проявления селевых потоков, возникших при извержении вулкана. Небольшой селевой поток наблюдался по северному склону вулкана Иван Грозный при извержении его в 1989 г. Такие сели могут формироваться и при извержении вулканов Баранского, Богдана Хмельницкого. При сильных извержениях вулкана Баранского в зимнее время, когда на склонах имеются большие запасы снега, в верховье р. Курилки могут образоваться селевые потоки и катастрофические паводки, которые представляют угрозу зданиям г. Курильска, расположенным на низкой террасе.

На о. Кунашир проявления селей, формирующихся при извержении вулканов, неизвестны, но они вполне возможны в бассейнах рек Птичья, Тятина, Лесная и во всех мелких водотоках массива Тяти, возникших при извержении вулкана, а также в бассейнах

рек Лесная и Озерная, приуроченных к вулканам Менделеева и Головнина соответственно.

Мелкие сели обусловлены проявлениями обвально-осыпных, оползневых процессов и аномальными осадками, расходы малых и временных водотоков зависят непосредственно от интенсивности и количества выпавших жидких осадков, а также от мощности снежного покрова и температуры воздуха во время снеготаяния. Зарождение селей, обусловленных метеорологическими факторами, происходит обычно в эрозионных цирках. Сели этого типа могут формироваться на всех вулканических сооружениях. Единовременные выносы селевых потоков, которые зарождаются в верхней части конуса, сложенного рыхлым пирокластическим материалом, как правило, не превышают первых десятков тысяч кубометров, а их протяженность обычно не превышает 4-5 км. Наибольшую опасность представляют селевые потоки, образующиеся при таянии снега во время извержения вулканов (Шеко, Мальнева, 2002). В зоне воздействия грязевых потоков, которые могут формироваться при извержении вулканов, находятся города Северо-Курильск и Курильск, поселок Горячие Ключи и др.

К сожалению, на Курильских островах не ведется регулярных наблюдений за селями. Соответственно, не могут быть использованы имеющиеся данные по сейсмической активности, оказывающей значительное влияние на динамику твердой составляющей. В 1997-2001 г.г. году ВСЕГИНГЕО были проведены работы по проекту «Прогноз экзогенных геологических процессов (оползни, сели и др.) на Курильских островах и оценка их опасности с учетом сейсмичности и вулканической деятельности» в рамках федеральной целевой программы: «Социально-экономическое развитие Курильских островов Сахалинской области». Материалы этих исследований использованы для оценки активности селей в современных условиях.

Под активностью селевого процесса понимается частота проявления селей или продолжительность межселевого периода (Мальнева, Кононова, 2012). Активность селей изменяется во времени и испытывает циклические колебания различной продолжительности в зависимости от факторов, обуславливающих их развитие. Она различается на островах в зависимости от условий формирования селей.

Градация степеней активности в настоящее время не разработана. Еще не установлены пороговые значения быстроизменяющихся факторов (метеорологических и гидрологических), определяющих разную степень активности. Предполагается, что значительная активность селей возможна при значениях показателей факторов на уровне 10% обеспеченности и меньше, средняя – на уровне обеспеченности 10 – 50 % (Методы долговременных прогнозов…, 1984).

Для анализа условий возникновения селей использована типизация циркуляции атмосферы Северного полушария, разработанная под руководством Б.Л. Дзердзеевского (Дзердзеевский, 1968, Кононова, 2009). Материалы типизации с 1899 по 2013 г. размещены в сети Интернет в открытом доступе на сайте www.atmospheric-circulation.ru.

Проведенный анализ позволяет отметить, что формирование твердой и жидкой составляющей селей в значительной степени определяется влиянием основных изменяющихся факторов: атмосферных осадков, температуры воздуха, а также характером погоды (Круподеров и др., 2007). На различных островах Курильской гряды активность селей определяется в целом одними и теми же факторами, к которым относятся: *количество осадков за год, за селеопасный сезон (IV – X месяцы), за холодный период года (X1 – Ш месяцы), температура воздуха как в целом в течение года, так и по сезонам, а также характер погоды.* Погода в конкретном районе определяется особенностями циркуляции атмосферы и количественно выражается числом дней с различными элементарными циркуляционными механизмами (ЭЦМ). Типу погоды при определенном ЭЦМ соответствуют определенный режим и степень увлажнения территории, температурный режим (Мальнева, Кононова, 2012). *Наиболее опасной для формирования селей на Курильских островах является погода при меридиональных ЭЦМ, число дней с которыми позволяет оценить возможные условия*

для формирования селей в современный период. При них происходит прорыв южных циклонов, обеспечивающих наиболее значительные ливни и повышение температуры воздуха.

В качестве примера можно отметить, что с начала XXI века на о. Парамушир (ГМС Северо-Курильск) все летние осадки более 30 мм за сутки выпадали при южных меридиональных ЭЦМ. Всего отмечено 82 случая, из них чаще всего при ЭЦМ 13л (23%), 12а (15%), 9а (12%), 13з (11%). При этих ЭЦМ на различных островах Курильской гряды отмечается выход циклонов, но количество осадков на о. Парамушир, Итуруп и Кунашир может различаться.

При ЭЦМ 13л на островах Курильской гряды особенно велика опасность тайфунов (Kononova, Malneva, 2007). Анализ месячных сумм осадков, а также ежедневных данных при тайфунах показал, что в теплый период года катастрофические осадки приносятся наиболее часто ЭЦМ 12а и 13л, в холодный – ЭЦМ 13з и 11а.

Для оценки активности селей в современных условиях была выполнена экстраполяция временных рядов количества осадков за теплый и холодный периоды года по данным ГМС Курильск (о. Итуруп). Методом гармонического анализа рассчитано изменение количества осадков до 2022 года. Расчеты показали, что в ближайшие 10-15 лет количество осадков за холодный период года всегда будет выше среднего многолетнего значения, а в теплый период года увеличится после 2016 года (рис. 1).

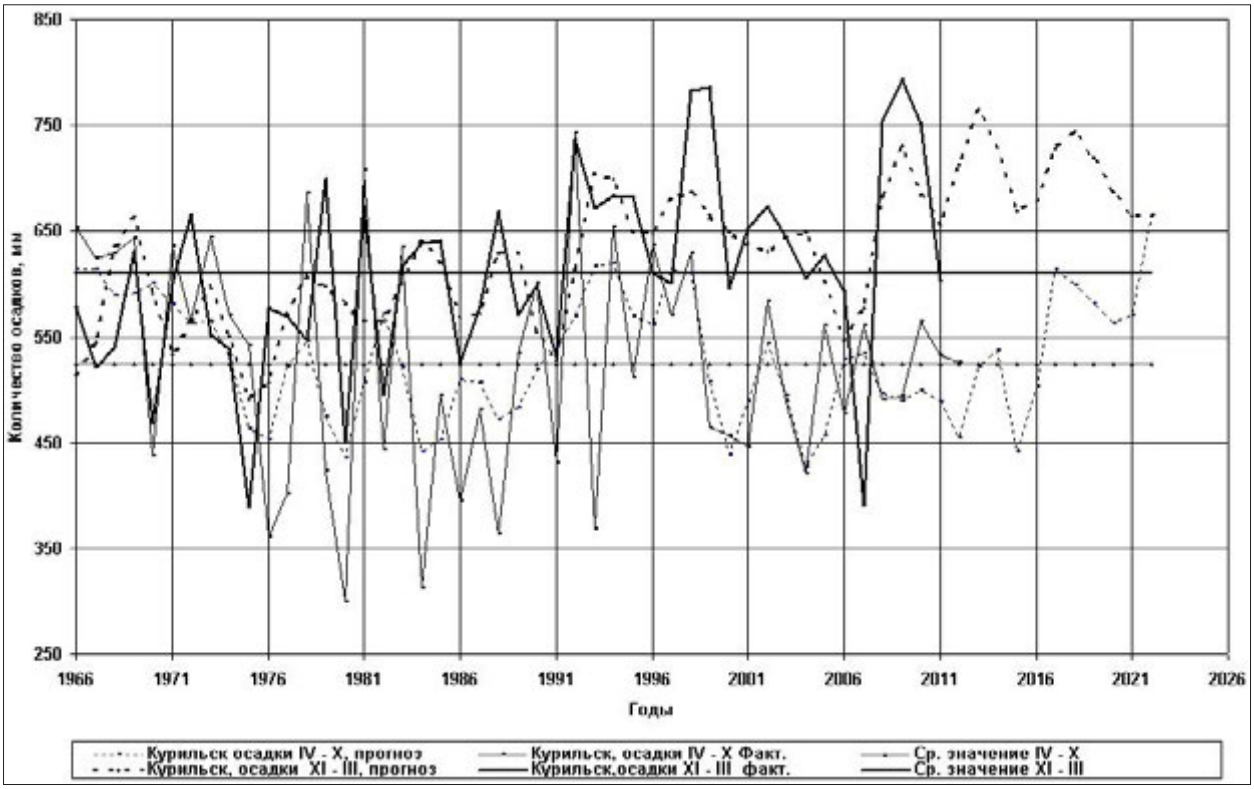


Рисунок 1. Многолетний ход количества осадков за холодный и теплый периоды года, фактические и прогнозные значения по данным ГМС Курильск.

Соответственно, активность селей, которая в значительной степени определяется количеством осадков, по крайней мере, не будет меньше, чем в настоящее время. В связи с преобладанием меридиональной южной циркуляции сохранится неустойчивость климата, возмущенное состояние атмосферы, частая смена погоды и значительная повторяемость метеорологических экстремумов, что имеет особенно большое значение для увеличения опасности формирования селей.

На основании проведенных исследований можно дать оценку ожидаемых изменений метеорологических условий в XXI веке. С 80 – х годов XX века постоянно высока суммарная

годовая продолжительность меридиональной циркуляции, к которой относятся типы циркуляции, приносящие селеопасную погоду на островах Курильской гряды. С 1999 г. рост продолжительности южных циклонов сменяется увеличением суммарной годовой продолжительности блокирующих процессов и длительного существования устойчивых антициклонов на континентах зимой и летом. Происходит рост континентальности климата, выражающийся в повышении летних и понижении зимних температур. Такое положение связано с состоянием системы океан – атмосфера и может продлиться как минимум до 2030 г.

В случае, если сильные землетрясения или извержения вулканов совпадут по времени с сильным увлажнением горных пород, активность селей резко увеличится.

Об опасности проявления селей можно судить по характеристикам космической погоды. В прямой зависимости от активности Солнца находятся рассмотренные выше циркуляционные условия формирования селей, а также экстремальные ливни, обусловленные этими условиями. Вместе с тем, увеличивается только опасность природных экстремумов в целом, но нельзя сказать, где на Курильских островах это экстремальное явление проявится. 13 июня 2014 года в Южно-Курильске (о. Кунашир) выпало 132 мм осадков. Накануне этого дня на Солнце была вспышка самого высокого класса. Однако на о. Итуруп выпало всего 26 мм, а на о. Парамушир вообще осадков не было.

Анализ изменений современного климата позволяет отметить, что на островах Курильской гряды в современный период неустойчивого климата активность селей возможна на высоком уровне. Это требует организации систематических наблюдений за развитием всего парагенетического комплекса экзогенных геологических процессов, частью которого являются сели. Это особенно важно при освоении Курильских островов, как это и предполагается Федеральной целевой программой до 2020 года.

Литература

1. Дзердзеевский Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере северного полушария в XX столетии. Материалыметеорологических исследований. Циркуляция атмосферы. Изд. ИГ АН СССР и Междувед. Геофиз. Комитета при Президиуме АН СССР. М., 1968, 240 с.
2. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому / Отв. ред. А.Б. Шмакин; Ин-т географии РАН. М.: 2009. 372 с.
3. Круподеров В.С., Мальнева И.В., Кононова Н.К., Крестин Б.М. Особенности оценки опасности селей в эпоху аномальных климатических изменений // ГеоРиск. 2007. Декабрь. С. 36-40.
4. Мальнева И.В., Кононова Н.К. Активность селей на территории России и ближнего зарубежья в XXI веке. // ГеоРиск, 2012, № 4, с. 48-54.
5. Методы долговременных прогнозов экзогенных геологических процессов / Под ред. А.И. Шеко, В.С. Круподерова. М.: Недра, 1984. 188 с.
6. Шеко А.И., Мальнева И.В. Сели. Природные опасности России (в 6 томах). Том 3. Экзогенные геологические опасности. Под ред. В.М. Кутепова и А.И. Шеко. М.: Издат. фирма «КРУК». 2002, с. 65-87
7. Kononova, N.K, Malneva I.V. The Estimation of Mud Flow and Landslide Hazard on the Island Sakhalin in the Next Decade. The Proceedings of the International Geotechnical Symposium “Geotechnical Engineering for disaster prevention & reduction”. July 24-26, 2007, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia. Kazakhstan Geotechnical Society, CIR Publisher of Korean Publishing Company, Seoul, 2007, p. 180-183.

ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ СЕЛЕВЫХ БАССЕЙНОВ НА СКЛОНАХ МОРСКИХ ТЕРРАС Г. МАГАДАН

[1]Рыбальченко С.В., [2]Верховов К.В.

*[1]Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,
Сахалинский филиал, Южно-Сахалинск, Россия
[2]ООО СКФ «Росстрой», Южно-Сахалинск, Россия*

На основе полевых материалов, расчетов и фондовых данных, авторами статьи были выявлены формы эрозионного рельефа на морских террасах г. Магадан, которые являются селевыми бассейнами. Также определены условия их возникновения и развития. Изучены этапы эволюции селевых бассейнов от мелких эрозионных врезов до оврагов, вплоть до полной их деградации с образованием балок.

Ключевые слова: селевой бассейн, склоновый сель, эрозия.

STAGES OF FORMATION OF MUDFLOW BASINS ON THE SLOPES OF MARINE TERRACES MAGADAN

[1]Rybalchenko S.V., [2]Verkhovov K.V.

*[1]Far East Geological institute FEB RAS, Sakhalin department, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
[2]LLC BCF «Rosstroy», Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

Based on the field materials, calculations and stock data, the authors identified forms erosional relief on marine terraces Magadan, which are mudflow basin. Also defined the conditions of their emergence and development. We studied the evolution of mudflow basins from small erosional valleys up by ravines, up to their complete degradation with the formation of the beams.

Key words: mudflow basins, slope mudflow, erosion.

В результате прохождении циклона 22-23 июля 2014 г. в г. Магадан массово активизировались экзогенные геологические процессы (сели, оползни, эрозионная деятельность рек).

Выпадение большого количества осадков (175 мм за 2 суток) привело к формированию первичных склоновых селей на участке дороги магаданского торгового порта (рис. 2). Под угрозой оказалась важнейшая транспортная магистраль между городом и морским портом, крупнейшим на Северо-Востоке России, через который осуществляется до 90% всего грузооборота Магаданской области.

Ранее, в 2013 году авторами статьи на данном участке проводились работы по изучению степени устойчивости откоса земляного полотна автодороги в связи с активизацией склоновых процессов (рис. 1).

Рисунок 1. 2013 г. Активизация оползневых процессов.

Рисунок 2. 2014 г. Активизация селевых процессов.

Были отобраны пробы грунта, слагающих склон, и определены их физико-механические свойства. Данные породы представлены пылеватыми песками и супесями, неогенового возраста (табл. 1), приуроченными к Нагаевской толще, в пределах которой расположена большая часть города. Такие грунты литологически неустойчивы. Изменение гидрологической обстановки, и как следствие, влажностного режима, приводит к проявлению их реологических свойств и снижению несущей способности.

Таблица 1.
Физико-механические свойства грунтов Нагаевской толщи.

Классификация грунта ГОСТ 25100-2000	Гранулометрический состав							Влажность, дол.един.	Плотность, г/см³	Пористость, %	Пластичность		Предел текучести
	Галька (щебень)	Гравий (дресва)	песок				пыль				Граница текучести	Граница раскатывания	
	>10 мм	2 мм	2-1 мм	1-0,5 мм	0,5-0,25 мм	0,25-0,1 мм	0,1-0,05 мм						
Песок пылеватый	0	8,6	2,4	5,4	10,9	10,1	62,6	0,38	1,66	54,44			
Супесь с вкл.	0	4,3	6,8	3,8	6,8	7,6	70,7	0,32	1,87	46,98	0,32	0,28	1,03

По результатам расчетов на участке возможно возникновение оползня, с глубиной захвата пород до 10 м (рис.3), объемом свыше 9 000 м³.

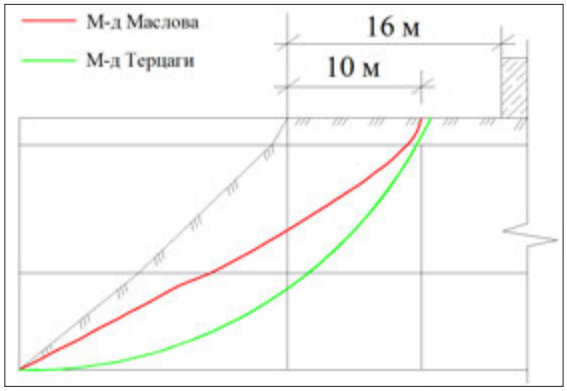


Рисунок 3. Расчетная схема по продольному профилю оползневого массива методом круглоцилиндрической поверхности скольжения в модификации К. Терцаги и методом Н.Н. Маслова.

Проанализировав возможные факторы активизации склоновых процессов на участке (морская абразия, нагрузки от крупнотоннажных грузов, геологические и геоморфологические особенности, климатические условия), была выявлена решающая роль гидрометеорологических явлений.

По данным ГМС о количестве выпадающих осадков на территории г. Магадан, за последние 4 года было выявлено резкое увеличение годовых сумм осадков, большая часть которых приходится на летние циклоны (рис. 4). За сутки возможно выпадение до 2 месячных норм осадков. Так при прохождении циклона 22-23 июля 2014 г. сумма осадков на ГМС «Магадан» составила 175 мм при среднемноголетней их сумме за июль 63 мм.

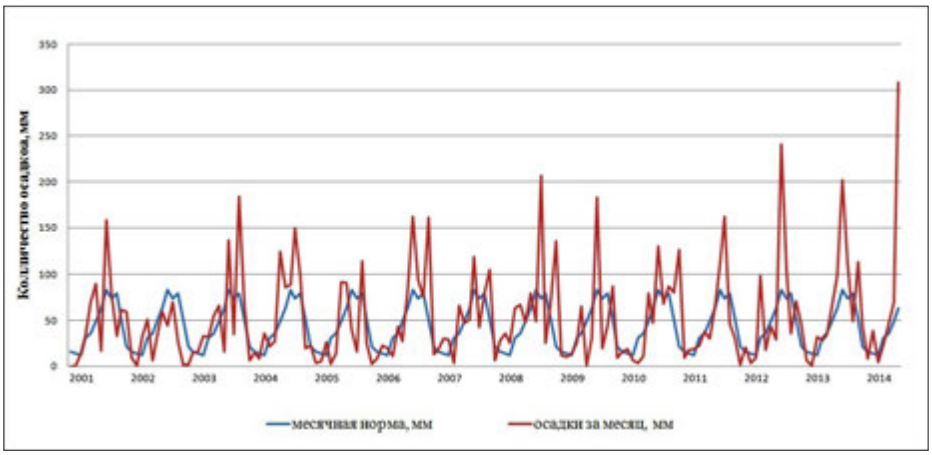


Рисунок 4. График хода осадков по ГМС «Магадан» за период с 2001 по 2014 г.г.

Данный циклон сыграл решающую роль в формировании первичных склоновых селей на склоне морской террасы участка автомобильной дороги магаданского торгового порта (рис. 5).

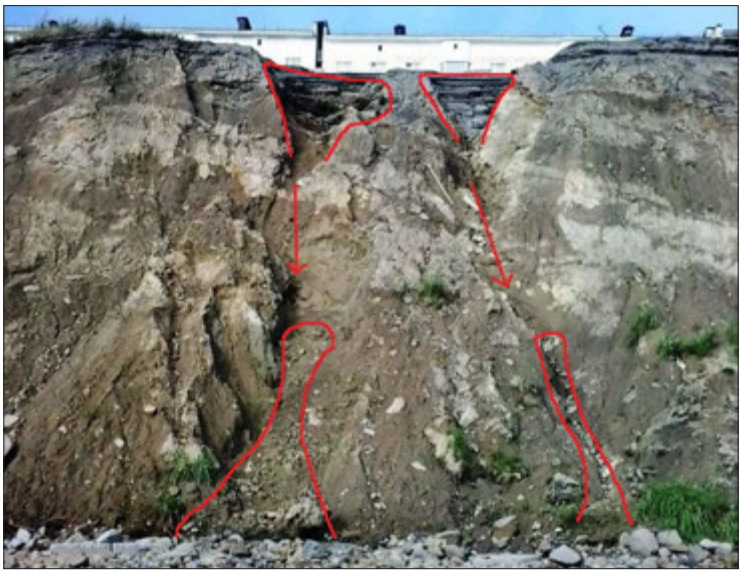


Рисунок 5. Первичные склоновые сели.

Объемы селевых потоков составили 300-400 м³. Механизм формирования селей – оползневой. Генезис водной составляющей – дождевой. Структурно-реологический тип селей – несвязные (наносоводные).

Скорости селей со склона достигли 9 м/с, что обусловлено большими уклонами (35-40º) и малой длиной зоны транзита (в среднем 20 м).

Значения максимальных расходов селевых потоков на данном участке могут достигать 0,3 м³/с, давление селевого потока на препятствие - 0,174 мПа

Отчетливые эрозионные врезы, сформированные склоновыми селями на данном участке, являются первичной стадией возникновения селевого бассейна (рис. 6).

Рисунок 6. Эрозионный врез первичного склонового селя.

Геологические и климатические условия местности будут способствовать дальнейшему развитию более крупных форм эрозионного рельефа, что в свою очередь приведет к созданию устойчивого русла и преобразованию склоновых селей в русловые.

Стоит отметить, что территория г. Магадан на картах селевой опасности отмечена как неселеопасный район. При детальном изучении местности на предмет наличия потенциальных селевых бассейнов, были выявлены достаточно крупные эрозионные формы рельефа (врезы, овраги, балки) со следами сходивших ранее селей (рис. 7). По данным очевидцев массовое прохождение селевых потоков приходилось на 2009 г., что соответствовало периоду увеличения суммарных годовых осадков (рис. 4). В это время на территории всей Магаданской области наблюдались массовые паводки и наводнения, крупнейшее из которых привело к прорыву плотины хвостохранилища Карамкенского ГОКа и разрушению всей инфраструктуры пос. Карамкен.

Рисунок 7. Селевые бассейны на склоне морской террасы г. Магадан.

Все зафиксированные потенциально селевые бассейны на склонах морских террас приурочены к Нагаевской толще, сложенной неогеновыми отложениями.

Идентичные геологические, геоморфологические и климатические условия на склонах морских террас г. Магадан, позволяют сделать вывод, что все формы эрозионного рельефа (промоины, врезы, овраги, балки) являются различными стадиями одного процесса эволюции селевого бассейна.

Геологическое строение морских террас г. Магадан обуславливает возможность формирования несвязных селевых потоков без предварительной подготовки материала (выветривания, эрозии и т.д.).

Стоит отметить, что более развитые формы эрозионного рельефа (балки, небольшие долины), имеют уклоны, соответствующие углу естественного откоса грунтов, слагающих их. Такое геоморфологическое строение в сочетании с отсутствием глинистых частиц в породах обуславливает невозможность возникновение селевых потоков в данных формах рельефа. Они являются конечной стадией развития селевого бассейна, представляющие полную его деградацию.

Поскольку большая часть селевых бассейнов расположена на территории городского пляжа, высока вероятность попадания людей в селевой поток. Кроме того, даже небольшие склоновые сели могут нанести значительный ущерб транспортным магистралям и хозяйственной деятельности.

Для предотвращения негативного воздействия селевых потоков на склонах морских террас г. Магадан необходимо проведение работ по выявлению опасных участков и разработка комплекса инженерных мероприятий.

Литература

1. Геология СССР. Том XXX, «Недра» М., 1970.
2. Гребнев Ю.С. Инженерная защита от опасных геологических процессов. М. ГЕОС, 2008.
3. Маслов Н.Н. Механика грунтов в практике строительства (оползни и борьба с ними). М., Стройиздат, 1977. 320 с.
4. Флейшман С.М. Сели. Л.: Гидрометеоиздат, 1985 – 140с.
5. Швер Ц.А. Климат Магадана. - Л.: Гидрометеоиздат, 1968. - 197 с.

УВЛАЖНЕНИЕ ГРУНТОВ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ СЕЛЕВЫХ МАССИВОВ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД НА ЗАПАДНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ ЮЖНОГО САХАЛИНА

Рыбальченко С.В., Генсиоровский Ю.В.

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,
Сахалинский филиал, Южно-Сахалинск, Россия*

Продолжительный период залегания снежного покрова, формирование большого числа снежных аккумулятивных форм, накопление снега в отрицательных формах рельефа, длительное снеготаяние, способствуют накоплению большого количества влаги в почвогрунтах и интенсивным процессам обводнения потенциальных селевых массивов.

Ключевые слова: потенциально селевой массив, селевой бассейн, селевой поток.

GROUND MOISTENING POTENTIALLY MUDFLOW ARRAYS IN THE SPRING ON THE WEST COAST OF SOUTHERN SAKHALIN

Rybalchenko S.V., Gensiorovskiy Yu.V.

Far East Geological institute FEB RAS, Sakhalin department, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

A long period of snow cover, the formation of a large number of snow accumulation forms, the accumulation of snow in the negative forms of a relief, long-term snowmelt, contribute to the accumulation of large amounts of moisture in the soil and intensive processes of irrigation potential mudflow arrays.

Key words: potentially mudflow array, mudflow basins, mudflow.

Для прогноза активизации селевых процессов в весенний период, оценки увлажнения грунтов талыми водами, важно точнее оценить запасы воды в снежном покрове и динамику таяния снега в весенний период.

На увлажнение грунтов на склоне в весенний период большое влияние оказывают следующие факторы:

- осенне-зимнее увлажнение почвы к началу весеннего снеготаяния;
- запас воды в снежном покрове перед началом весеннего таяния;
- атмосферные осадки в период снеготаяния;
- глубина промерзания почвы к началу снеготаяния;
- интенсивность снеготаяния;

Первый выпавший снег редко остается на зиму. Обычно в предзимье снег выпадает два-три раза и тут же тает, при этом увлажняется верхний слой почвы.

Определение истинной величины снегозапасов в селевом бассейне сопряжено с немалыми трудностями. Поскольку снег залегает на местности крайне неравномерно. Причина не только в том, что в разных местах выпадает неодинаковое количество твердых осадков, сколько в метелевом переносе.

Роль метелевого переноса в формировании и активизации селей до настоящего времени не изучена.

Влияние метелевого переноса на активизацию селевых процессов заключается в перераспределении снега и возникновении большого числа снежных аккумулятивных форм – гребней, надувов, карнизов, а также большом накоплении его в отрицательных формах рельефа (рис. 1). Величина запаса воды в которых не учитывается в количестве осадков, но она играет огромную роль в увлажнении грунтов на склоне, а, следовательно, и в селеобразовании.

Рисунок 1. Снежный карниз. Автомобильная дорога Шебунино - Невельск. 2012 г. Толщина карниза до 3 м, ширина нависающей части до 3 м, длина – 50 м.

Максимум снегонакопления на Южном Сахалине наблюдается в конце третьей декады февраля – первой декаде марта: на открытых местах максимальная высота снежного покрова составляет 40-50 см, на защищенных 80-90 см. В многоснежные годы высота снежного покрова может достигать 130 см, при средней плотности 250-350 кг/м^3 запас воды в снежном покрове достигает 1000 - 1500 мм.

Высокая интенсивность снегопереноса в сочетании со значительной протяженностью морских террас обеспечивают практически повсеместное распространение снежных карнизов на морских берегах Южного Сахалина. Размеры и скорость формирования карнизов напрямую зависят от количества зимних осадков, объемов снегопереноса и от угла подхода ветров преобладающих румбов к бровке морской террасы. Наиболее благоприятное сочетание этих условий на Южном Сахалине наблюдается вдоль западного побережья. Среднее количество осадков за зимний период (ноябрь – март) на западном побережье составляет – 305 мм (г. Холмск), 332 мм (г. Невельск); объемы снегопереноса достигают здесь наибольших значений (до 3652 м^3/пог.м в Холмске) [2], что, в сочетании с высокими скоростями ветра при метелях (более 10 м/с), обеспечивает благоприятные условия для формирования карнизов.

Толщина снежных карнизов на морских террасах Сахалина, согласно данным А.В. Иванова [1], может составлять 7–9 м, однако на побережьях Южного Сахалина нами наблюдались карнизы толщиной только до 5 м (таблица 1). Наибольших размеров снежные карнизы достигают в конце февраля – марте и могут сохраняться до апреля. Плотность снежного карниза чаще всего варьируется в пределах 350-450 кг/м^3 [2]. Таким образом, запас воды в снежном покрове в прибровочной части морских террас может достигать 4000 мм. Такое большое количество накопленной влаги способствует переувлажнению рыхлообломочного материала в потенциальных селевых массивах.

Таблица 1.
Характеристики снежных аккумулятивных форм (карнизов).

Дата	Плотность, г/см³		Толщина, м	Ширина выступающей части, м	Длина, м	Водозапас, мм	Водозапас max, мм	Объем карниза, м³	Объем воды, тыс. л	Объем воды на пог.м
автодорога г. Невельск - с. Шебунино, 13 км										
11.01.2013	0,15	0,22	3,3	2	50	495	726	165	165	3,3
23.01.2013	0,27	0,27	3	3	50	810	810	225	225	4,5
23.01.2013	0,27	0,27	4	3	45	1080	1080	270	270	6
01.02.2013	0,17	0,19	2,5	2	-	425	475			
06.03.2013	0,44	0,44	4	4	48	1760	1760	384	384	8
06.03.2013	0,45	0,45	3	3,2	45	1350	1350	216	216	4,8
06.03.2013	0,44	0,44	2,5	2,5	60	1100	1100	187,5	187,5	3,125
автодорога г. Невельск – г. Томари – аэропорт Шахтерск, 143 км										
20.02.2013	0,47	0,49	5,2	3,5	98	2444	2548	891,8	891,8	9,1
автодорога г. Невельск – г. Томари – аэропорт Шахтерск, 153 км										
22.02.2013	0,40	0,41	3,5	3,5	120	1400	1435	735	735	6,125
05.03.2013	0,38	0,38	3	2,5	90	1140	1140	337,5	337,5	3,75
05.03.2013	0,29	0,29	2	2	45	580	580	90	90	2

Поэтому выпадение жидких осадков в период активного снеготаяния приводит к активизации селевых процессов. Дожди в данный период могут служить триггерным механизмом для формирования селей.

При этом необходимо обязательное условие – накопление в селевых очагах критического объема потенциального селевого массива (ПСМ). Критическая толщина ПСМ составляет 0,5 - 1,0 м [4]. Главным фактором, определяющим процесс образования ПСМ, является литологический состав и состояние горных пород, слагающих верхние слои коры выветривания. Четвертичные отложения селевых бассейнов Южного Сахалина представлены в основном малопрочными полускальными глинистыми породами (аргиллитами, алевролитами, песчаниками), очень быстро выветривающимися, особенно при резких колебаниях знакопеременных температур, свойственных для Сахалина в весенний период. Переувлажненные талыми водами грунты ПСМ в отсутствие снежного покрова начинают испытывать значительные деформации под воздействием знакопеременных температур. Кристаллизуясь, поровая и связанная вода в этих породах разрушает жесткие связи, снижая их несущую способность, которая обуславливается только углом внутреннего трения при отсутствии коэффициента зацепления. Такие ослабленные грунты при залегании их на склоне легко вовлекаются в селевой поток или оползень, увеличивая их динамические характеристики.

Рисунок 2. Переувлажненный рыхлообломочный материал в потенциальных селевых массивах. Автомобильная дорога Невельск-Шебунино. 2014 г.

Согласно Н.А. Казакову, в случае предшествующего увлажнения пород ПСМ, селевые процессы на о. Сахалин развиваются при выпадении 10-20 мм осадков в течение суток [3].

При переувлажнении грунтов и весенних ливнях в конце мая – начале июня вероятен массовых сход селей. В этот период формируются склоновые сели: вязкие грязевые и грязекаменные потоки повышенной плотности: до 1900–1950 кг/м^3. В связи с высокой плотностью селевой массы длина пути селей меньше, чем длина пути селей, сформировавшихся во время сильных дождей [4].

Рисунок 3. Отложения склоновых грязевых потоков в г. Макаров, апрель 2008 г.

Таким образом, продолжительный период залегания снежного покрова, формирование большого числа снежных аккумулятивных форм, накопление снега в отрицательных формах рельефа, длительное снеготаяние, обусловленное географическим положением о. Сахалин, способствуют накоплению большого количества влаги в почвогрунтах и интенсивным процессам обводнения потенциальных селевых массивов.

Литература

1. География лавин. (Под ред. Мягкова С.М., Канаева Л.А.). М.: МГУ, 1992 -332 с.
2. Казакова Е.Н. Снежные карнизы на морских террасах Южного Сахалина // Криосфера Земли, 2013, т. XVII, № 3. С. 94–99.
3. Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В. Влияние вертикального градиента осадков на характеристики гидрологических, лавинных и селевых процессов в низкогорье. //Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. № 4 - М.: МАИК, 2007. С. 342 - 347.
4. Казаков Н.А., Минервин И.Г. Селевые процессы на о. сахалин. //Прикладная геоэкология, чрезвычайные ситуации, земельный кадастр и мониторинг, вып. 4. М.: Полтекс, 2000 - с. 35 -38
5. Справочник по климату СССР. Вып. 13, Л.: Гидрометеоиздат, 1968. 356 с.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ, ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕКИЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ СЕЛЕПРОЯВЛЕНИЯ В АРМЕНИИ

[1]Снгрян Э.Э., [2]Авакян А.А., [3]Степанян В.Э.

[1]Спасательная служба МЧС РА, Ереван, Армения
[2]Ученый секретарь Армянского отделения МАНЭБ, Ереван, Армения
[3]Вице-президент Армянского отделения МАНЭБ, Ереван, Армения

Территория Армении в основном (70 %) представлена горным и предгорным рельефом, характеризуемом высоким потенциалом протекания опасных геологических процессов (ОГП). Эволюция горообразования и наличие растительного покрова на склонах формирует профиль равновесия и стабилизации гравитационных факторов. Нарушение естественного растительного и почвенного покрова (антропогенный фактор) практически исключает из водного баланса испарение, что приводит к подъему зеркала подземных вод и подтоплению территорий и провоцирует возникновение эрозий, оползней и селей. В зоне сочленения эрозионно-денудационных понижений (ЭДП) с горным хребтом по базису денудации происходит разгрузка водной массы и высвобождение гидродинамической энергии потока, направленное на фильтрационное разрушение водовмещающей среды. Именно в этой зоне в случае выпадения запредельных атмосферных осадков (гидрометерологический фактор) наблюдается максимальная присклоновая эрозия, что способствует активизации селепроявления.

Ключевые слова: гидрометеорологические условия, сели, подтопление, антропогенное воздействие.

GEOMORPHOLOGICAL, GIDROMETEOROLOGICAL AND ANTROPOGENIC FACTORS OF MUDFLOWS IN ARMENIA

[1]Sngryan E.E., [2]Avakyan A.A., [3]Stepanyan V.E.

[1]Ministry of Emergency Situation of RA, Yerevan, Armenia
[2]Scientific Secretary of the Armenian branch of ISAES, Yerevan, Armenia
[3]Vice-President of the Armenian branch ISAES, Yerevan, Armenia

The territory of Armenia is mainly (70 %) presented by mountain and foothill terrain, characterized by a high potential of hazardous geological processes (HGP). Mountain building evolution and plant cover on slopes are forming the profile of equilibrium and stabilization of gravitational factors. Disturbance of the natural vegetation and soil cover (anthropogenic factor) practically eliminates evaporation of the water balance, which leads to the rise of the water table and under-flooding areas and provokes erosions, landslides and mudflows. In the area of joint erosion and denudation slides (EDS) with a ridge at the basis of denudation water mass unload and water-collecting environment filtration destruction-based flow hydrodynamic energy release takes place. In such area, in the case of loss-limit precipitation (hydro-meteorological factor) the maximum-slope erosion is observed, which contributes to enhancing mudflows.

Keywords: hydro-meteorological conditions, mudslides, under-flooding, anthropogenic interference.

Эрозионно-селевые процессы являются наиболее сложными и многофакторными среди других экзогенных природных процессов, проявление которых чревато значительным социально-экономическим ущербом. Армения относится к числу регионов с сильно развитой селевой деятельностью. От селевых потоков систематически страдают крупные города (Ереван, Ванадзор, Гюмри, Капан, Горис, Алаверди) и многие населенные пункты, железные и автомобильные дороги, различные коммуникации, сельхозугодия и др., защита которых является важной государственной задачей. Ущерб, нанесенный селевыми потоками населению и социально-экономическим предприятиям республики в среднем в год составляет 3 - 3,2 млн. долларов США (Агаларян, 1999).

На территории республики эрозионно-селевые процессы развиваются в сложной природно-ландшафтной обстановке, где решающее значение имеют геолого-геоморфологические и гидрометеорологические факторы, а также хозяйственная деятельность человека. Как правило,

сели на территории Армении формируется после выпадения интенсивных ливневых дождей в бассейнах небольших водостоков площадью до 20 км^2, имеющих крутые эрозированные склоны и большие падения тальвегов. Накопление на склонах и в руслах селеносных рек наноса быстротекущими ливневыми водами вовлекаются в селевой поток, придавая ему разрушительную силу. За последнее 20-летие в формировании эрозионно-селевых процессов усилилась роль антропогенных факторов.

Энергетический кризис активизировал вырубку лесных массивов, преимущественно вблизи населенных пунктов. Одновременно, после Спитакского землетрясения в северных районах страны началось массовое строительное освоение ранее потенциально селеопасных территорий, разрушение склонов при прокладке дорог и различных коммуникаций, бессистемный выпас скота, вспашки горных склонов и нерегулируемые оросительные мероприятия (за счет использования платовых моренных озер). Анализ и обобщение существующих материалов изучения селепроявления текущих и прошлых лет позволил определить активную площадь селеобразования (Степанян, 2003; [3]; Снгрян, 2008).

Количественные данные по характеристике эрозированности и активной площади селеобразования по всем областям территории Армении приведены в таблице 1.

Согласно анализу по 60-летним данным (1946-2006 г.г.) в год в среднем по республике проходит 10 селей, характеризующихся следующим временным параметром: от их общего числа в процентах: в июне – 30%, в июле – 25%, в мае – 20%, в августе - 17%, в сентябре – 12%.

Таблица 1

Характеристика эрозированности селеобразующих очагов на территории Армении.

№ пп	Наименование областей	Площадь области, км^2	Количество селевых русел	Степень эрозированности, км^2				Площадь активного селеобразования, км^2/Площадь относительно активного селеобразования, в %
				Сильно	Средне	Слабо	Неэрозированные территории	
1.	Арагацотн	2744	114	234	427	846	1237	532,1/17,4
2.	Арарат	2077	151	366	259	339	1113	529,4/25,5
3.	Армавир	1233	32	101	179	240	713	214,5/17,4
4.	Вайоц Дзор	2306	98	246	441	734	885	539,9/23,4
5.	Гехаркуник	4056	275	237	392	702	2725	503,2/12,4
6.	Котайк	2072	71	104	208	746	1014	282,6/13,6
7.	Лори	3744	278	246	497	1191	1810	613,6/16,4
8.	Сюник	4474	202	531	776	1454	1713	1064,4/23,8
9.	Тавуш	2694	110	160	371	639	1542	409,4/15,2
10.	Ширак	2548	93	100	283	672	1493	308,7/12,1
	Всего	27948	1423	2325	3833	7563	14227	4997,8/17,9

По данным банка селей, на территории Армении среднегодовое количество селей различной обеспеченности приводится в таблице 2.

Таблица 2

Количество селей с обеспеченностью					
1%	2%	3%	5%	10%	20%
1	2	1	1	2	3

Риск и оценка опасности селепроявления различной обеспеченности для конкретных речных бассейнов базируются не только параметрами селей (глубина, скорость потока, максимальный расход, объем селевых выносов, наибольший диаметр фракций), но и морфологическими признаками, насыщенностью потока наносами, а также материальным ущербом по отдельным отраслям хозяйства, по коммуникациям, объектам социально-бытового назначения.

На рис. 1, 2, 3 приведены фрагменты последствий селепроявления: фрагмент разрушения селевым потоком (10% обеспеченности) селепровода в г. Алаверди (1997 г.); вид на разрушенный селевым потоком мост у села Овк Тавушской области РА (2% обеспеченности в 2000 г.) (рис 2). На рис. 3 приводится фрагмент ущерба смотровой площадки детского санатория туберкулезников в г. Дилижане, нанесенного селевым потоком 2% обеспеченности в 2003 г. Разрушению подверглось столовая и ряд учебных и административных зданий.

В Армении, где очаги зарождения селей преимущественно оползневые и эрозионно-оползневые наиболее значительная активизация связана с дождевыми паводками, имеющими место в период май-октябрь месяцы года. Исходя из этого, основные характеристики селевых наносов, в особенности их наносного режима на наиболее динамических участках русел и бассейна в целом предопределяет определенный обьем и программу полевых исследований (Степанян, 1997):

- фиксация и оконтуривание русловых отложений, конусов выноса, мест резких сужений и поворотов русел рек;
- выбор характерного участка русла для выявления следов прошедших селей с целью установления их скоростей, горизонтов, расходов, определения гранулометрического состава русловых отложений;
- выявление активных оползневых и эрозионных участков, гравитационных процессов, а также антропогенных очагов (заброшенных пашен, горных отвалов, моренных озер и пр.);
- изучение склоновых нерусловых наносов диаметром менее 0,05 мм, которые составляют 60-80% взвешенных наносов;
- использование аэроснимков для уточнения полевых работ на труднодоступных участках;
- коэффициентов дождевого стока;
- площади водосбора (км^2);
- максимальных суточных слоев осадков 1% обеспеченности (по данным метеостанций).

Величин максимального расхода дождевого паводка (в зависимости от высоты слоя заданной обеспеченности), обьем водного паводка, вытекающего при выпадании осадков заданной обеспеченности, плотность и глубина селевого потока, гидростатическое (статическое) давление, рассчитываются согласно рекомендаций МЧС РФ (Фалеев, 2001).

Рисунок 1. Разрушение селепровода и коммуникаций в г. Алаверди.

Рисунок 2. Фрагмент разрушения моста селевым потоком у села Овк.

Рисунок 3. Фрагмент смотровой площадки ДТС после прохождения селя в г. Дилижане.

Литература

1. Агаларян Э.М., Тер-Минасян Р.О. Оценка и прогноз селевой опасности // «Вестник» МАНЭБ N 5, СП, 1999. С. 26-27.
2. Степанян В.Э., Тоноян А.М., Тер-Минасян Р.О. Селевые экзогенные процессы // ЭГП АрмНИИСиЗС Министерство градостроительства РА. Е. 2003. Т II. С. 19-24.
3. Каталог селеопасных рек Армении // Армпроект, АрмВНИПИГ, Е, 1997. 46 с.
4. Снгрян Э.Э. Геоморфологические и гидрологические аспекты комплексного решения безопасности и управления процессами негативных изменений природной среды под воздействием опасных гидрометеорологических процессов в Армении // Труды Международной конференции по сокращению стихийных бедствий связанных с водой. Душанбе, 2008. С. 112-114.
5. Степанян В.Э., Дургарян К.О. Руководство по инженерным изысканиям для инженерной защиты территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов // Министерство градостроительства РА, Е.,1997 г. С. 8-11.
6. Фалеев М.И. Защита носеления и территорий в чрезвычайных ситуациях // МЧС РФ, ГУП «Облиздат», Калуга, 2001г. С. 231-236.

THE MONITORING AND FLOW DYNAMICS OF GRAVELLY DEBRIS FLOWS

[1]Chou H.T., [2]Lee C.F., [1]Huang C.H., [1]Yang S.L.

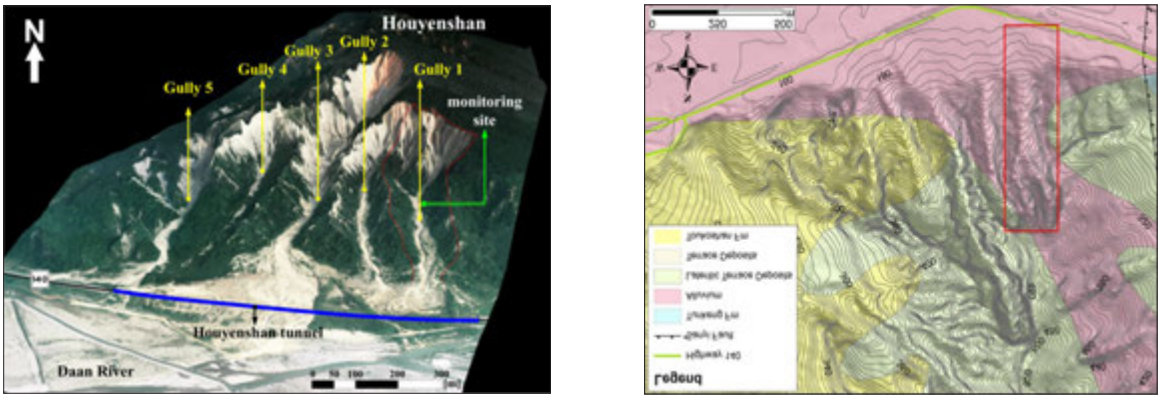
[1]Department of Civil Engineering, National Central University, Zhong-Li, Taiwan, R.O.C.
[2]Disaster Prevention Technology Research Center, Sinotech Engineering Consultants, Taipei, Taiwan, R.O.C.

In this study, rainfall-induced debris flows in the Houyenshan gravelly gullies, Miaoli, Taiwan and the corresponding rainfall threshold condition are explored. According to the in-situ rain gauge data, the monitoring system and field surveys in the period of 2006 - 2013, gravelly debris flows occur when the total rainfall exceeds 57.5 mm and the subsequent rainfall intensity is higher than 3 mm/hr. Field survey and terrestrial LiDAR measurement indicate the talus deposition in source areas and outbursts of landslide dams on the gully bed are dominant factors to induce debris flows. Finally, HHT spectrum analysis of geophone signals for stony debris flows depicts the peak frequencies within the range of 10-50 Hz. The temporal intensity distribution of geophone signals are determined by both the magnitude of debris flows and the travel distance with respect to the monitoring station.

Key words: Houyenshan, gravelly gullies, debris flows, critical rainfall line, dam break.

Introduction

Debris flows may cause severe and devastating damages during their paths because of their giant impact force, erosion or deposition processes. Houyenshan watershed in Miaoli County , Taiwan is a natural observatory, where gravelly debris flows occurs every year without the interference of human activities (Fig.1 (a)). Lin et al., (2007) indicated that the retreat behavior in Houyenshan can be classified into two types: (1) parallel retreat often occurs in the area with intense transportation; (2) the degradation exists in the area of dip slope. For all the catchments of Houyenshan, the recession of slope in Gully 3 is most obvious. The recession rate is approximately 2.5-3.0 m/yr. For the relationship between the landslides and debris flows, the slope failure was categorized by Wang et al., (2003) as two modes based on the landslide characteristic length: retrogressive sliding and flow sliding. The initiation of debris flows in Houyenshan is closely linked to the loose deposit on the gully bed and talus on the toe of slope. In general, the intense rainfall and the associated surface runoff often controls the occurrence of gravelly debris flow once the landslide dam was formed in the upstream reach. Recently, an infrasound debris-low warning system was developed to detect the occurrence of debris torrents in Jiangjia Gully, Yunnan, China (Zhang et al., 2004). The dominant frequencies for the debris flows are closely related to the soil properties, and the magnitude as well as the types of debris flows. In this study, the correlation between geophone signals and flow characteristics of debris flows obtained by image analysis are examined based on the field data collected in the Houyenshan watershed, Miao-Li, Taiwan.



(a) (b)

Figure 1. (a) The aerial photograph of Houyenshan watershed (2012/5/15) and (b) geological setting (the red rectanglar frame depicts the study area).

Study area and monitoring site

The study area (Gully 1) in Houyenshan, as shown in Fig.1 (a), is a gravel-formation badland with active head-cutting, stony debris fans and aboriginal habitats. Gully 1 of Houyenshan faces the Daan River on the north and Sanyi reverse fault on the west (Fig.1 (b)). Houyenshan is formed by the deposition of Houyenshan Facies, which is comprised of a conglomerate with thin sandy layers (often referred to as the upper Toukoshan Formation). The age of the formation dates back about 0.5-0.9 Ma. The drainage area of Houyenshan is approximately 2.2 km^2. Debris flows usually occur in Gullies 1-5 during intensive rainfall events and typhoon season (July- September). Gully 1 is an incised ravine with a longitudinal slope of about 8° and a stony fan downstream with a gradient of 6°. The elevation of the channel bed can vary up to 3-6 m due to the deposition and scouring process. The particle size distribution of the bed material in Houyenshan is consisted of boulders and gravels (poor grading) and the fine particles are mostly within 0.1-1 mm. The monitoring station was built in 2011 and located on the left side bank of Gully 1 (Fig.1 (a)). The monitoring system in the study includes four high resolution CCD cameras with infrared lamp (800 x 600 pixels), geophone (GS-1, OYO Geo-space Co. Ltd.), rain gauge and digital data loggers. Both ground vibrations through the geophone sensor and the infrasound were recorded simultaneously at a sampling rate of 500 Hz.

Debris flow events and dynamic characteristics

Two rainfall histograms such as Typhoon Talim and Saola triggering debris flows were shown in Fig.2. The former event revealed a notable rainfall intensity (3.5 mm/10 min; 17:00 21 Jun, 2012) may trigger debris flow after the cease of antecedent rainfall for 7 hours (Fig.2 (a)), when the bed deposits may be close to saturated condition. The later rainfall was with a cumulative rainfall of 307 mm. (Fig.2 (b)). The debris flow occurred behind the first peak (6 mm/10 min; 09:47 02 Aug, 2012). According to the rainfall events from 2006 to 2012, the critical rainfall for debris flows reads:

$$I_c=21/(R_e-57.5)+3 \qquad (R_e>57.5) \qquad (1)$$

where I_c and R_e represent the mean rainfall intensity and effective cumulative rainfall, respectively. The sequence of image for both debris flow events described above were displayed in Fig.3. The magnitude of first debris flow (21 Jun, 2012; Fig.3 (a), (b), came from the right-branch tributary) is smaller than that of second debris flow (02 Aug, 2012; Fig.3 (c), (d)) from the right-branch tributary. By integrating the three dimensional topographic survey and PIV analysis, the surface velocity, flow depth, and the corresponding flow rate histogram for two debris flows at the middle reach (near confluence of tributaries) can be estimated (Figs.4 (a), (b)). The velocity histogram on 21 Jun, 2012 reveals the intermittent flow characteristic for a small scale debris flow (Fig.4 (a)). The flow depth gradually increases as the surge was approaching, then it drops slowly after the surge. The velocity reaches a maximum value while the discharge achieves peak. The image of the debris flow on 02 Aug, 2012 depicts a distinct phenomenon (Fig.4 (b)). The corresponding flow depth reached an equilibrium in a short time (< 2 s) but the peak flow appeared later. The accumulated bed deposit on 02 Aug is greater than that on 21 Jun.

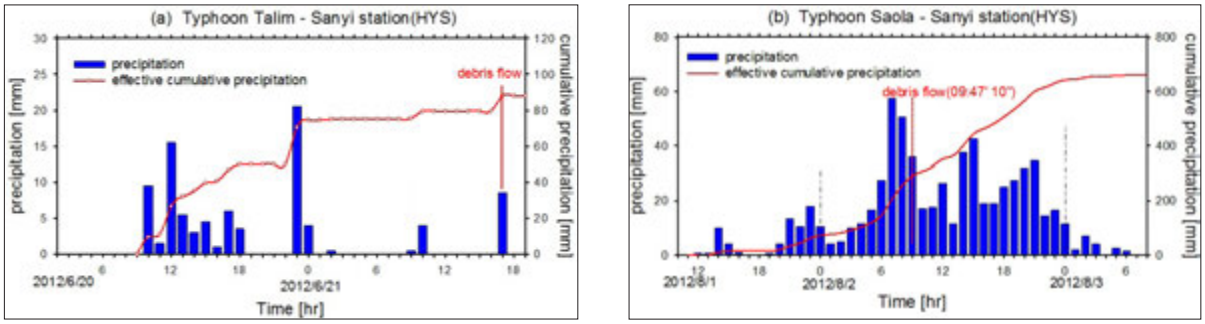


Figure 2. Rainfall histograms of debris flow event on (a) 21 Jun, 2012 and (b) 02 Aug, 2012.

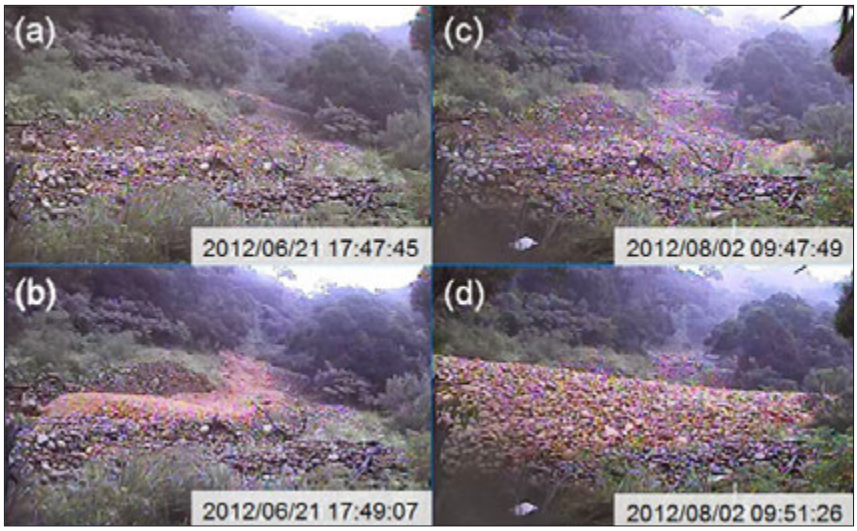


Figure 3. The sequence of image for occurrence of debris flow in gully 1 on 21 Jun, 2012 ((a), (b)) and 02 Aug, 2012((c), (d)).

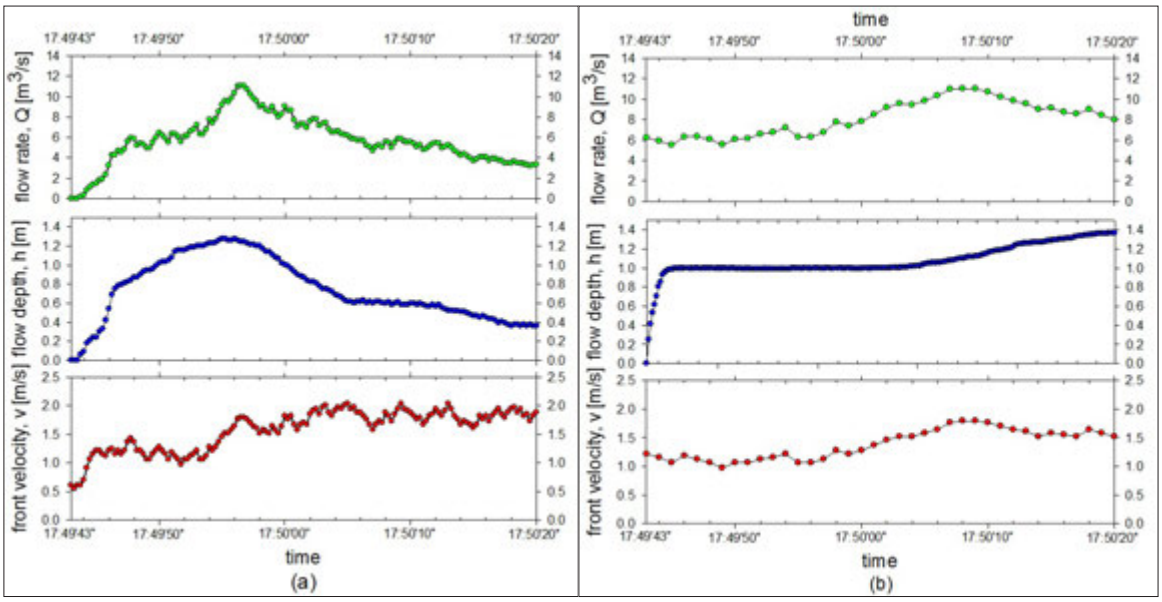


Figure 4. Relationship among flow rate, depth, and velocity for debris flows: (a) 2012/06/21; (b) 2012/08/02.

Spectrum characteristics analysis

Huang et al.,(1998) proposed a novel, adaptive decomposition method, Empirical Mode Decomposition (EMD) coupled with the Hilbert Transform for data analysis. The intrinsic mode functions (IMF) can be obtained from the almost orthogonal and adaptive process of empirical mode decomposition. The IMF can be used to construct a time-varying frequency spectrum by employing the Hilbert transform. Hilbert spectrum represents an energy-frequency-time distribution for a time series, x(t), as follows (Lin et al., 2002):

$$H(\omega, t) = \sum_{j=1}^{n} a_j(t) \cdot e^{i \int \omega_j(t) dt} \qquad (2)$$

where H(ω,t) depicts the energy distribution in the time domain for different frequency components; n is the total number of IMFs, i.e., the decomposed components; $a_j(t)$ is the amplitude of the time series; and $\omega_j(t)$ is the time-dependent frequency series.

The HHT time-frequency spectrum for geophone signals of debris flow on 02 August were shown in Fig.5. The frequencies are lower (15-25 Hz) when the debris flow is approaching

(09:48:00-09:49:30), then increases (25-45 Hz) during the main flow. So the frequencies vary with the material composition, water content and the location of the surges.

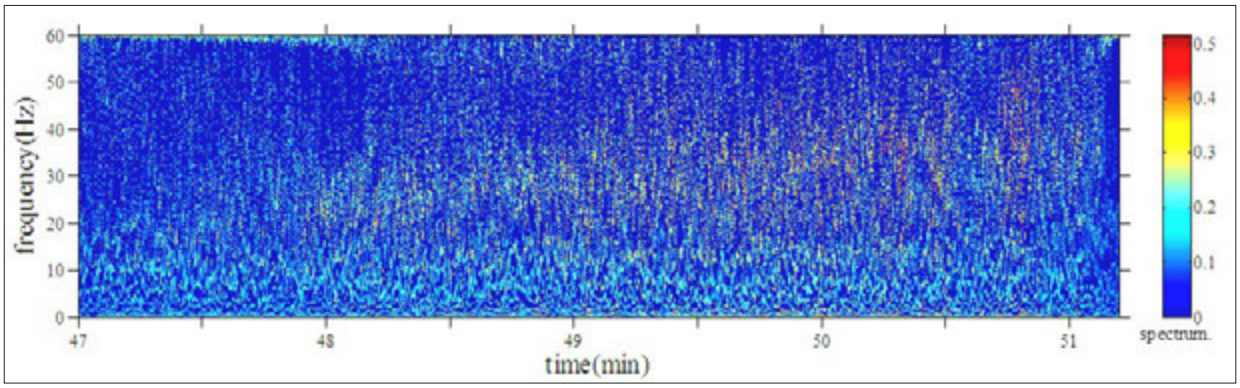


Figure 5. HHT spectrum of geophone signals for debris flow event (09:47, 02 Aug, 2012).

Conclusions

The gravelly debris flows in Houyenshan exhibit peak frequencies within 15-50 Hz in geophone signals. During the propagation of debris flows, the mean velocity of debris flow was generally lower than 1.0 m/s, and the failure mechanism usually is dominated by dam break in the gully channel. According to the rainfall data collected in Houyenshan during 2006-2013, debris flows may occur once the total rainfall exceeds 57.5 mm with a noticeable preceding hourly rainfall. The water content in the debris flow affects the distribution of peak geophone frequencies during the surge movement: the characteristic frequency in stony wave fronts (15-30 Hz) is often lower than that in the tail which comprises with surface runoff, fine particles and clay (25-50 Hz).

Acknowledgements

The writers would like to thank the National Science Council, Taiwan, R.O.C. for its financial support (Contract No. NSC 101-2625-M-008 -002).

References

1. Lin J.C., Cheng Y.C., Jen C.H. Characteristics of the Erosion in Hoyenshan Area, Miaoli. Journal of Chinese Soil and Water Conservation, 2007, No. 38 (3). p.275-285. (in Chinese)

2. Wang G, Sassa K, Pore-pressure generation and movement of rainfall-induced landslides: effects of grain size and fine-particle content, Engineering Geology, 2003, Vol. 69, p.109-125.

3. Zhang S.C., Hong Y., Yu B. Detecting infrasound emission of debris flow for warning purposes. International Symposion. INTERPRAEVENT 2004, Riva del Grada, Italy. No. 7, p.359-364.

4. Chou H.T., Cheung Y.L., Zhang S.C. Infrasound Monitoring and Analysis of Debris-Flow Movement. Journal of Chinese Soil and Water Conservation. 2005, No. 36(3). p.233-238. (in Chinese)

5. Huang, N.E., The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis. In: Proceeding of royal society series A, 1998, London. U.K.: The Royal Society (U.K.), No.454, p.903-995.

6. Lin, P.C., Chou, H.T., Juang, J.T., The influence of energy grouping and undulating on sediment suspension in the surf zone. Journal of marine science and technology, 2002. No.10 (2), p.83-91.

DEBRIS FLOW HAZARD EVALUATION AND MITIGATION MEASURES IN CORTINA D'AMPEZZO (NORTH-EASTERN ITALY)

[1]Genevois R., [2]Tecca P.R.

[1]Department of Geosciences, Padova University, Padova Italy
[2] CNR-IRPI, Padova, Italy

An active debris flow scree seriously threatens the urbanized area of Fiames, near Cortina d'Ampezzo (Dolomites, Italy) and the state road; events up to 30.000 m^3 occurred with an almost yearly frequency. Following a 25.000 m^3 magnitude debris flow that temporarily dammed the river, a retention basin with a storage capacity of about 15000 m^3, was built upstream the state road in 1997. In this study, the effectiveness of the debris basin has been evaluated and new mitigation measures are proposed, regarding to the magnitude of the design debris flow (30000 m^3) and the associated hazard and risk.

Key words: debris flows, FLO-2D, mitigation measures, Dolomites.

Introduction.

Reliable prediction of extent of the debris-flows hazard can reduce caused damages and casualties by providing a means to delineate hazard areas and implementing both zoning restrictions and parameters for design of protective measures. Improvements of the knowledge of the rheological properties and physical modeling of debris flows have been reached mainly through experimental activity (Tecca et al. 2003, Deganutti et al. 2003). In recent years, debris flow prevention has been supported by numerical modeling.

This paper presents some numerical simulations of a hill-slope debris flow that seriously threatens a developed area and a state road at Fiames, near Cortina d'Ampezzo (Eastern Dolomites). Debris flow deposits often result in blockage of the road, damaging houses and even damming the main river valley.

Major events up to 30.000 m^3 may occur, but there are no suitable conditions to perform mitigation works along the flow paths. The FLO-2D quadratic shear stress model, conceived for routing non-Newtonian flows, has been used to evaluate the effectiveness of the existing debris basin regarding to the magnitude of the design debris flow and to design more appropriate countermeasures.

Geological and geomorphological settings.

Fiames slope is located on the left side of the Boite River valley (fig. 1).

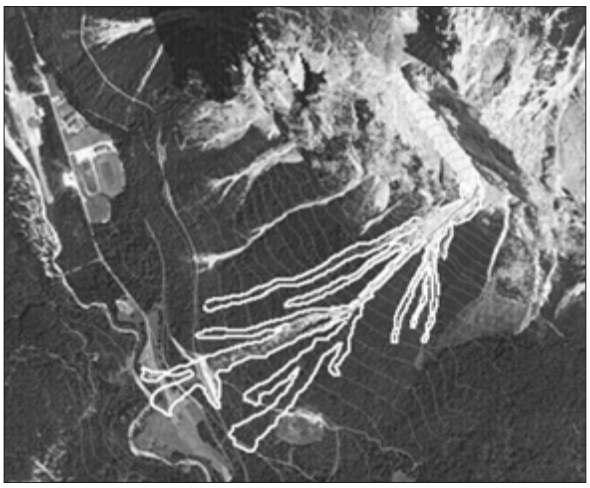


Figure 1. Fiames rock basin and slope. Flooded area up to 2013 is in thick white line.

The upper rock basin is formed of Upper Triassic to Lower Jiurassic massive dolomite and limestone cliffs, that are the source of coarse debris and boulders. A thick talus covers the slope from the base of the rock cliffs to the valley bottom (1265 m a.s.l.); it consists of poorly sorted debris with boulders up to 3-4 m in diameter and includes heterogeneous scree, alluvium and old debris flow deposits. Three main channels and some minor ones originate from the same source area. The main morphometric parameters are listed in Table 1.

Recent flows, from 1992 to 2011, had volumes ranging from 8000 m^3 to 25000 m^3. Following the event of 1997, an early retention basin with a storage capacity of about 15000 m^3 was built upstream the state road.

Table 1.
Main morphometric parameters of Fiames site.

Rock basin area (km^2)	0.16
Basin maximum elevation (m a.s.l.)	2450
Upper basin outlet elevation (m a.s.l.)	1845
Rock basin mean slope (°)	40
Total channel length (m)	1500
Channel depth (m)	3-8
Channel width (m)	10-22
Mean channel slope (°)	20
Deposition area mean slope (°)	10

Numerical simulations.

FLO-2D, a two-dimensional finite difference routing model for water and non-Newtonian flows with both channel and unconfined overland flow components, is largely considered a valuable tool for delineating flood hazard and simulating flood wave attenuation and debris flows. It can predict reasonable inundation areas, probable range of flow velocities and depths, maintaining mass conservation for both the water and sediment volumes (FLO-2D, 2004).

The model has been calibrated upon the data of an event of about 25000 m^3: extent of the flooded area and the runout distance; deposited volume; estimated velocity (Johnson and Rodine, 1984); and observed flow depths. A sediment concentration by volume was assigned to the water hydrograph (0.3 initiation stage -0.6 mature debris flow). The other input parameters are following. Manning's n-value: 0.1 (open ground with debris); resistance parameter for laminar flow K: 2285; specific weight of the mixture: 26.5 kN/m^3. Empirical coefficients, calculated yield stress and viscosity are listed in Table 2.

Table 2.
Rheological input parameters.

α1 («poises»)	β1	«viscosity η (Pa s)»	α2 («dyn/cm2»)	β2	«yield stress τ («Pa)
0.0075	14.39	1.0	0.152	18.7	175

A precise estimation of the design debris flow has been obtained from the analysis of 10 refraction tomographies, performed in the initiation area and in the upper and middle slope, in order to determine the thickness and state of compaction of sediment. The potential debris volume that might be mobilized results approximately 30000 m^3. The in situ void ratio ranges from 0.33 to 0.36, so the potential volume of solids is about 20000 m^3. Assuming a mean sediment concentration of 50% by volume, the designed bulked hydrograph results of a total volume of 40000 m^3.

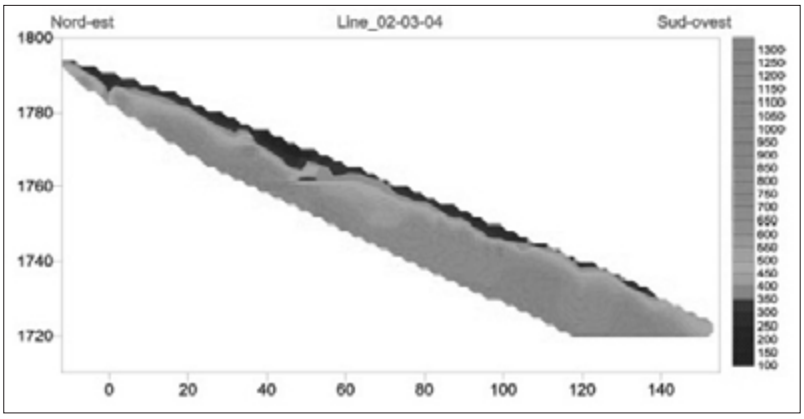


Figure 2. Refraction tomography performed in the upper and middle slope. Debris layer of low velocity in black.

Three debris flow scenarios have been analysed: (1) the debris flow does not have constraints over the slope; (2) the debris flow propagates in the three main channels (worst scenario); (3) this scenario evaluates the efficiency of a stretched protection dike in the scenario number (2).

The hydrograph, for a precipitation return period of 200 years, has been bulked with sediment, with a bulked peak discharge of 22 m^3/s.

Results.

The results of the simulation of the calibration event are compared with the field data (Table 3).

Table 3.
Comparison between computed results and field data.

	runout (m)	flooded area (m^2)	max velocity (m/s)		flow depth (m)
			channel	deposit area	
computed	1500	247000	2.2-4.0	1.2-1.8	1.1-1.3
observed	1500	240000		2.9-4.0	0.8-1.1

In the scenario (1), the total flooded area is 247000 m^2, with maximum flow depth of 1.7 m; the 1997 retention basin is not sufficient to contain the design debris flow.

The scenario (2) depicts the worst situation in terms of inundated area (291000 m^2); a certain amount flowed to the Boite River. The maximum flow depth range from 0.6 m to 1.9 m in the existing retention basin: the efficiency of the retention basin is partial, as it intercepts only a part of the whole flowing mass (Fig. 3).

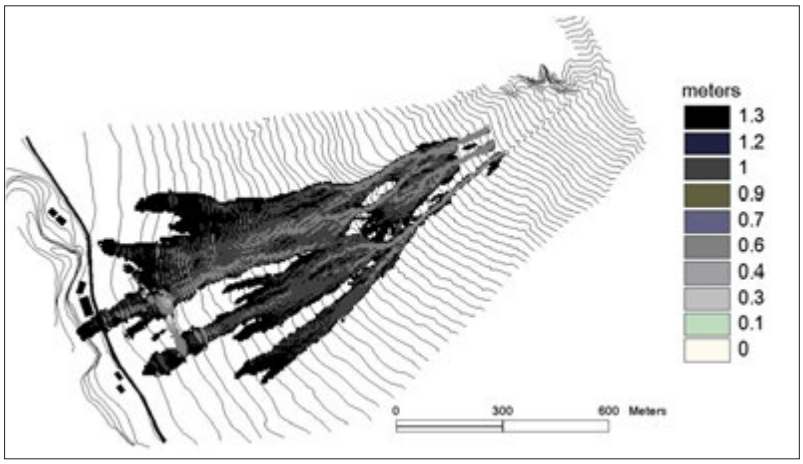


Figure 3. FLO-2D maximum depth inundation map of scenario (2).

The simulation of scenario (3) considers the presence of a dike 775 m long. The length of the dike results from a series of simulations, starting from the size of the 1997 basin to the reaching of its complete efficiency. In this case, the debris is deposited in the retention basin, with depths ranging from 0.9 m to 2.1 m (Fig. 4).

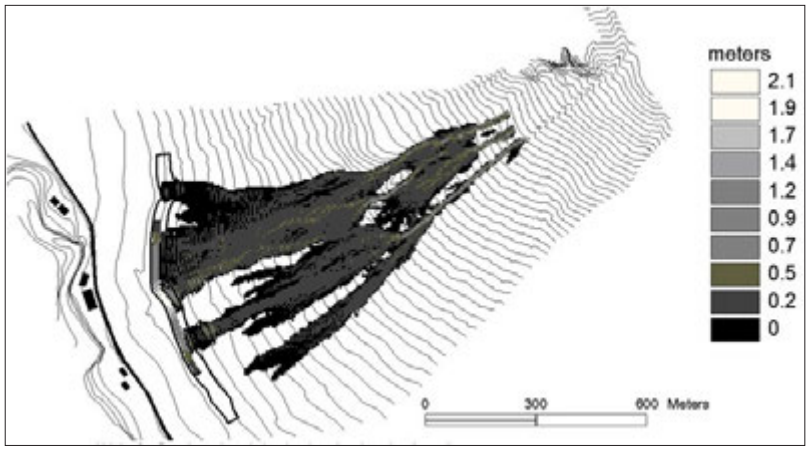


Figure 4. FLO-2D maximum depth inundation map of scenario (3).

Conclusions.

Control and mitigation works basically consist in: a terminal dike provided of draining devices; a retention basin; sets of debris breakers for dosing and filtering coarse debris. By means of an iterative technique we defined the required height, length and location of the dike, located in continuation of the existing bank, in order to optimize both the early containment structure and the morphology of the site. The length of the dike should be 800 m to efficiently protect the Main Road; the volume of the retention basin is 75000 m^3. The functionality and efficiency of the retaining ditch are increased by the implementation of a series of debris breakers, situated as an upper most structure, across the secondary flow paths (Figure 5).

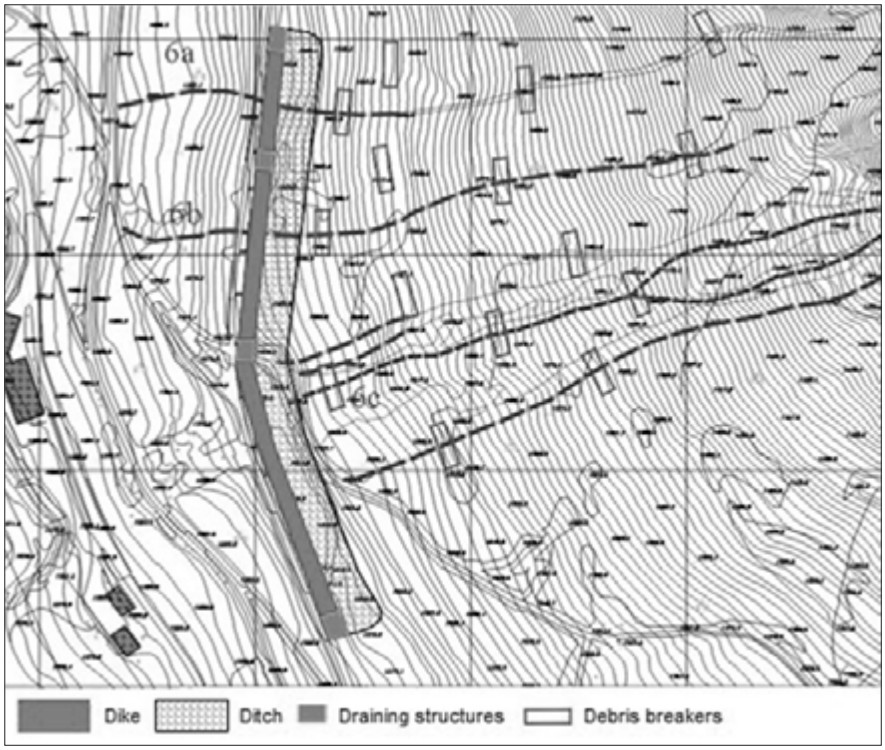


Figure 5. Location of the sets of debris breakers and draining filters.

The application of FLO-2D allows the identification of inundation areas, delineating hazard maps and implementing zoning restrictions, and design measures for hazard mitigation. Calibration of the model on a well documented debris flow is a crucial aspect for the accuracy of the simulations, for choosing the most reliable rheological parameters to be used in the simulations of design events.

References

1. Deganutti A.M., Tecca P.R., Genevois R., Galgaro A., (2003): Field and laboratory study on the deposition features of a debris flow. In: Rickenmann and Cheng-lung Chen (Eds.), Proceed. 3rd Int. Conf. Debris Flow Hazard and Mitigation, Davos, Switzerland, Sept. 10-12, 2003. Millpress, Rotterdam, Vol. 2, 833-841.
2. FLO-2D, 2-Dimensional Flood Routine Model Manual. Version 2004.10. FLO-2D Software Inc., Nutrioso, AZ 85932, 2004.
3. Johnson A.M. & Rodine J.R., Debris flow (Chapter 8). Slope Instability, eds. D. Brunsden & D.B. Prior, Wiley: Chirchester, pp. 257,361, 1984.
4. Tecca P.R., Deganutti A.M., Genevois R., Galgaro A., (2003): Velocity distribution in a coarse debris flow. In: Rickenmann and Cheng-lung Chen (Eds.), Proceed. 3rd Int. Conf. Debris Flow Hazard and Mitigation, Davos, Switzerland, Sept. 10-12, 2003. Millpress, Rotterdam, Vol. 2, 905-916.

Раздел II

Селевые катастрофы последних лет

Part II

Debris disasters of recent years

УЩЕРБЫ ОТ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ НА О. САХАЛИН

Казакова Е.Н.

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,
Сахалинский филиал, Южно-Сахалинск, Россия*

В работе приводятся данные об ущербах от селевых потоков на о. Сахалин.

Ключевые слова: селевой поток, ущерб, Сахалин.

THE DAMAGE FROM DEBRIS FLOWS ON SAKHALIN ISLAND

Kazakova E.N.

Far East Geological institute FEB RAS, Sakhalin department, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

The paper presents data on damages from debris flows on Sakhalin Island.

Key words: debris flow, damage, Sakhalin.

Основной ущерб, причиняемый селевыми потоками населению и хозяйству о. Сахалин, выражается в повреждении и разрушении автомобильных и железных дорог, мостов, линий связи и электропередач. Кроме того, селевые потоки причиняют значительный косвенный экономический ущерб, который во много раз превышает стоимость прямого ущерба от повреждения и разрушения объектов селевыми потоками [Казаков, Минервин, 2000]. Помимо этого, селевыми потоками в городах Холмск, Невельск, Макаров неоднократно повреждались муниципальные объекты, а также жилые дома, хозяйственные пристройки и приусадебные участки.

Сведения об ущербах от селевых потоков на о. Сахалин за период с 1956 по 2014 г. приведены в таблице 1.

Основные ущербы от селевых потоков на о. Сахалин связаны с периодами массового селеобразования, наблюдавшимися в 1978, 1981, 1992 и 1993 гг.

В 1978 г. антропогенным селевым потоком повреждено здание медицинского учреждения в г. Холмск. В Невельском и Холмском районах отмечались случаи повреждения жилых домов, дачных построек и гаражей, расположенных на конусах выноса селевых потоков.

В результате массового селеобразования в августе 1981 г. в южных и Центральных районах о. Сахалин селевыми потоками было разрушено несколько тысяч метров дорожного полотна, разрушены линии связи и электропередач на протяжении нескольких тысяч метров, повреждено несколько десятков жилых домов. Наиболее пострадали от селевых потоков Невельский, Холмский и Макаровский районы. Кроме того, было частично разрушено с. Буюклы.

В сентябре 1992 г. массовое селеобразование в Макаровском районе привело к многочисленным разрушениям полотна автомобильной и железной дорог, мостов и повреждениям и разрушениям линий связи. Автомобильное и железнодорожное сообщение между центральной и южной частью острова было прервано на две недели.

В сентябре 1993 г. массовое селеобразование привело к многочисленным разрушениям полотна автомобильной и железной дорог, мостов и повреждениям и разрушениям линий связи в Макаровском районе.

Таблица 1.
Ущербы от селевых потоков на о. Сахалин

Местоположение	Дата схода селя	Объем селя, тыс.м^3	Ущерб
Невельский, Холмский, Макаровский районы	11-13.09.1956		разрушение автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередач, мостов
Невельский, Холмский, Макаровский районы	18-19.09.1957		-”-
дорога с. Бошняково – с. Смирных	20.08.1960		повреждена автомобильная дорога
Невельский, Холмский, Макаровский районы	7-10.08.1965		разрушение автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередач, мостов
район г. Макаров	07.08.1965		повреждены полотно железной дороги и телефонная линия
Невельский, Холмский, Макаровский районы	12.10.1972		разрушение автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередач, мостов
Невельский, Холмский, Макаровский районы	октябрь 1973		разрушение автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередач, мостов
г. Макаров	1973		повреждены производственные цеха хлебокомбината
г. Невельск, ул. Приморская	1973		разрушен жилой дом
г. Холмск, ул. Угловая	20-22.08.1978	5	повреждено здание медвытрезвителя
Невельский, Холмский, Макаровский районы	10.09.1978		разрушение автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередач, мостов
п. Буюклы	5-6.08.1981		частично разрушен поселок
г. Невельск, ул. Железнодорожная, Школьная, Надречная, Сельская, Советская	05-06.08.1981	0,5 -10,0	разрушены жилые дома №№ 64, 64А по ул. Школьной, повреждены дома №№ 4, 8, 9, 11, 23, 30, 68, 98, 100, здание школы
с. Калинино	05-06.08.1981	1,0-2,0	завалено здание клуба
дорога г. Южно-Сахалинск – с. Лесное	3-6.08.1981	0,05	снесен автомобильный мост на дороге г. Южно-Сахалинск - с. Лесное
железная дорога г. Корсаков – с. Новиково	3-6.08.1981	0,01-0,4	повреждение железнодорожного пути
г. Невельск, ул. Приморская	03.09.1992		повреждены гаражи
Макаровский район	2-5.09.1992		разрушение автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередач, мостов, повреждение жилых домов
Макаровский район	1-7.08.1993		-”-
Макаровский район	19-22.09.1993		-”-
с. Чехов	март 2000	-	выбиты стекла в здании судоремонтного завода
г. Невельск, пер. Нагорный, д. 25, 26, ул. Северная, д. 1	11-15.07.2002		повреждение хозяйственных построек, гаражей, водопропускных устройств
автодорога Невельск – Холмск, 7 км	11-15.07.2002	0,2-0,25	повреждение хозяйственных построек
г. Макаров, ул.Набережная, дома № 70 и 74	11-15.07.2002		занесены подвалы домов, замыты приусадебные участки и хозпостройки
между г. Макаров и п. Туманово	11-15.07.2002		водопропускная труба забита древесиной и грунтом, в результате насыпь автодорожного моста была размыта, разрушен переезд
г. Невельск, ул. Приморская	24.08.2002	0,18	разрушен жилой дом
Невельский, Холмский, Макаровский районы	октябрь 2003		разрушение автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередач, мостов, повреждение жилых домов
между с. Ловецкое и с. Ясноморское	29-30.07.2010	0,35	разрушение хозяйственных построек

Следует заметить, что на территории о. Сахалин водопропускные пункты под транспортными магистралями часто строятся без учета селеносности водотока и, следовательно, не могут выполнять роль селепропуска; в результате забивания водопропускных пунктов селевым материалом происходит повреждение и разрушение транспортных магистралей.

Например, в июле 2002 г. после прохождения ряда циклонов и тайфуна «Чатаан», на участке автодороги г. Невельск – п. Шебунино и железной дороги г. Невельск – г. Горнозаводск большинство водопропускных пунктов было забито селевым материалом; в результате были повреждены прилегающие участки автомобильной и железной дорог. Водопропускное устройство р. Кормовая (между г. Макаров и с. Туманово) было полностью забита древесиной и грунтом; в результате была размыта насыпь автодорожного моста и разрушен переезд через реку (остановка автотранспортного сообщения составила 3 суток).

Следует заметить, что селевыми потоками наносится огромный косвенный ущерб за счет остановки движения транспорта: завалы и повреждения селями автодороги г. Южно-Сахалинск – г. Оха фактически прекращают связь между севером и югом о. Сахалин на несколько суток.

Наиболее часто селевые потоки причиняют ущерб в Макаровском, Невельском и Холмском районах, где территории жилой застройки и транспортные магистрали находятся в зонах аккумуляции террасовых селевых комплексов, для которых характерна высокая повторяемость селевых потоков и достигает 1 раза в 1-3 года (Казаков, 2000).

Частота селепроявления на большей части территории острова невелика (межселевой интервал составляет около 10 лет), поэтому, за исключением террасовых селевых комплексов, селевые потоки причиняют ущербы достаточно редко. Кроме того, сели больших объемов, способные причинить значительный ущерб, формируются преимущественно в незаселенной части острова.

Выводы

- Основной ущерб от селевых потоков на о. Сахалин заключается в разрушении автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередач, мостов, а также повреждении жилых домов и разрушении хозяйственных построек.
- Наиболее часто селевые потоки причиняют ущерб в Макаровском, Невельском и Холмском районах, где территории жилой застройки и транспортные магистрали находятся в зонах аккумуляции террасовых селевых комплексов, для которых характерна высокая повторяемость селевых потоков.

Литература

1. Казаков Н.А. Геологические и ландшафтные критерии оценки лавинной и селевой опасности при строительстве линейных сооружений (на примере о. Сахалин). Канд. дисс. Деп. в ВЦНТИ. // М.: 2000 - 206 с.
2. Казаков Н.А., Минервин И.Г. Селевые процессы на о. Сахалин. «Прикладная геоэкология, чрезвычайные ситуации и земельный кадастр». Вып. 4. // М.: Полтекс, 2000 – с. 35-38.

ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ НАСТУПЛЕНИЯ СЕЛЕВОЙ КАТАСТРОФЫ В ЮЖНОМ ПРИБАЙКАЛЬЕ

Лапердин В.К., Качура Р.А.

Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

PROGNOSTIC BACKGROUND OF ADVANCE OF DEBRIS FLOW DISASTER IN SOUTH BAIKAL

Laperdin V.R., Kachura R.A.

Institute of the Earth's Crust Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia

Введение

Южное Прибайкалье является составной частью центральной экологической зоны, включенной в реестр Мирового природного наследия, где введен режим ограниченного природопользования.

После распада СССР Южное Прибайкалье является одним из селеопасных районов России, где в узкой прибрежной полосе**,** шириной до 1.5 км, на конусах выносов, представляющих зоны повышенного риска, расположена и продолжает развиваться инфраструктура Слюдянского района. Здесь же проходят жизненно важные для России и стран Тихоокеанского бассейна железная и шоссейная дороги, линии электропередачи и связи. На берегу озера находятся пруды-отстойники, заполненные более 6 млн. м^3 высокотоксичными отходами Байкальского целлюлозно-бумажного комбината – ***лигнином.*** Высокую опасность для инфраструктуры Слюдянского района, представляют паводки, наносоводные сели, плотностью до 1600 кг/м^3 и грязекаменные потоки – до 2500 кг/м^3. Генезис селей, наводнений и оползней связан с выпадением аномальных осадков от 0,72 мм/мин и выше и 50–250 мм/сут на фоне затяжных дождей, с общей суммой за дождь 200–400 мм, составляющих более 50 % годового количества (550–1400 мм). С 1863 по 1971 гг. подобных явлений было зафиксировано 17 раз, со средней повторяемостью через 7 лет.

Современная ситуация

За 43 года (1971–2014 гг.) селепроявлений в Южном Прибайкалье не наблюдалось. Природа не напоминая о себе способствовала замораживанию строительства селезащитных сооружений, возведение которых началось еще в 1990 году. Например, на р. Харлахта селехранилище, объемом 482 тыс. куб. м и селезадерживающая плотина, высотой 22 м из щебнисто-галечного грунта с последующим транзитом водного потока по селесбросному каналу. Возведенные сооружения, даже не испытав селевой нагрузки, частично пришли в негодность и могут стать не защитой, а причиной формирования селей.

Пружина времени средних статистических данных по повторяемости селей уже растянута почти в пять раз. На отдельных участках рек образовались древесно-каменные заторы, прорыв которых может спровоцировать в одном случае начало формирования селей, а в другом - увеличение их твердой составляющей.

До 1971 г защита от паводков и селей осуществлялась путем свободного пропуска селевой массы в о. Байкал. Теперь же защищая линейные сооружения, отдельные селеактивные водотоки оказались перекрыты плотинами. Эффективность построенных запрудных и задерживающих твердые выносы селей сооружений пока не была испытана в деле. Поэтому в настоящий момент нельзя сказать оправдают ли они замысел проектировщиков и строителей.

При этом, если они отработают штатно, то на расчистку селевой массы из селехранилищ потребуется не меньше затрат, чем на возведения плотин. Складирование рыхлого материала нарушает природное равновесие, задерживая естественный вынос продуктов выветривания в озеро. Выносы селей и водных паводков являются определяющими источниками в накоплении пляжей и шельфа побережья оз. Байкал. Естественно, при дальнейшем освоении береговой зоны о. Байкал потребуется защита от паводков и селей. О ее необходимости сомнений нет, но целесообразность возведения защитных мероприятий, предложенных более 43 лет назад, следует проанализировать с учетом современных условий. Построенные селезащитные сооружения требуют их переоценки.

Наиболее крупные учтенные убытки от селей и паводков в Южном Прибайкалье

В 1903 г. на перегоне порт Байкал – ст. Большая Речка были зафиксированы первые серьезные разрушения, еще не сданной в эксплуатацию железной дороги. Пришлось перенести участки дороги от берега и увеличить проемы мостов. С 1931–1950 гг. конкретно на защиту железной дороги было затрачено 150 млн. руб. (по курсу тех лет).

В 1971 г. по территории Южного Прибайкалья шесть суток не ходили поезда, была размыта автодорога, прервана правительственная связь. Байкало-Амурскую магистраль ещё не начинали строить. Страна оказалась разрезана на две части. Перемещение грузопотока и пассажиров через оз. Байкал осуществляли на баржах и катерах, воздушным транспортом. Ущерб определен в 80 млн. руб. (по курсу 1971 г.). Были и человеческие жертвы, о которых также умолчали. Защита отходов БЦБК от паводков сейчас является приоритетным направлением. «Пока не грянул гром», в срочной защите нуждается население г. Байкальска, Слюдянки и другие посёлки от порта Байкал, до г. Байкальска. Тем более, первый звонок селевой опасности прозвонил в 100 км от Южного Прибайкалья.

Объективная природно-социальная ситуация в пос. Аршан и долине р. Кынгарги

Обследования показали, что в ночь с 27 на 28 июня 2014 г в результате локального выпадения интенсивных осадков (50 мм и более) в Тункинских Гольцах, со стороны ледниковых каров произошел залповый и массовый сход селей. Одной из причин их формирования явился срыв, с внешних сторон нижних краев уступов ледниковых каров, оттаявшего слоя делювиальных и ледниковых накоплений в виде оползней-сплывов, трансформировавшиеся по мере движения по склонам в селевые грязекаменные потоки (рис. 1 *а, б*).

Рисунок 1а. Светлые прочесы в распадках – массовое проявление селевых потоков, оползней-сплывов и эрозии, определившие твердую составляющую селей. Слева направо селеносные водотоки района п. Аршан: А – Безымянный, Б – 1-я Шихталайка, В – 2-я Шихталайка, Г – Артемьева, Д – Хайримта.

Рисунок 1б. Застывшие грязекаменные отложения стали грозным природным памятником.

Установлено, что селевые потоки, сошедшие по падям ручьев Первая и Вторая Шихтолайки, соединившись водной и грязевой массой в средней и нижней части склона в один, достигли северо-восточной окраины пос. Аршан. На своем пути сель разрушил около трех десятков домов, санаторий, лицей для одаренных детей и другие постройки, погибла женщина. Одновременно на р. Кынгарге сформировался ***паводок,*** разрушивший два моста, пекарню и слоем грязи (10–50 см) занесло активно посещаемую территорию и лечебные корпуса курорта, а также торговые и развлекательные строения, расположенные на пойме и низкой террасе на и за территорией курорта (рис. 2). Параметры разрушительного селевого потока 28 июня 2014 г. имеют следующие значения:

– площадь конуса выноса, сложенного в верхней, предгорной части склона (уклон которого находится в пределах 8°–10°) крупноглыбовым материалом, в средней и нижней его частях (уклон 3°–8°), крупноглыбовые обломки и стволы деревьев внедрены в суглинисто-супесчаную массу, составляет 171378,38 м^2;

– мощность селевых отложений местами не менее 4.5 м;

– объем вынесенного и отложенного крупноглыбового материала, ограниченного конусом выноса находится в пределах 771 тыс. м^3. Большая, приблизительно в два раза, масса материала вынесена и отложена ниже по склону в виде глинисто-супесчаных наносов, мощностью от 10 до 50 см и больше, покрывшие сотни гектаров лесного массива.

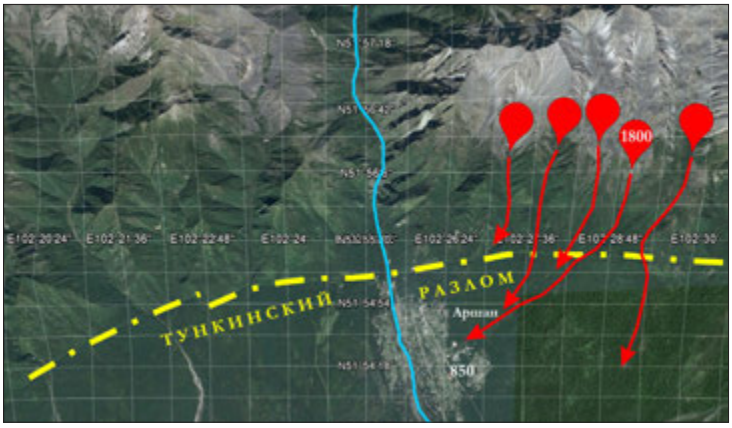


Рисунок 2. Схема схода грязекаменных селей с Тункинских Гольцов (красные стрелки) и паводка на р. Кынгарге (голубая линия) 28 июня 2014 г. Цифры 1800 и 850 – перепад абсолютных высот каров и места нижнего края остановки крупноглыбового материала. Желтый штрих-пунктир – Тункинский разлом.

Инфраструктура пос. Аршан, располагается в узкой прибрежной полосе р. Кынгарги и на предгорном шлейфе Тункинских Гольцов. Предгорный шлейф представляет собой

слившиеся воедино древние конусы выносов селей в Тункинскую котловину и является зоной повышенной опасности и риска возникновения чрезвычайных ситуаций. Для обжитой территории наивысшую угрозу в предгорной заселенной части территории представляют паводки и водогрязекаменные потоки, плотность которых по результатам прошлых обследований достигает 2500 кг/м^3, а по р. Кынгарге наносоводные сели, плотностью до 1600 кг/м^3. Отметим, что после 1971 г. и по 2014 гг. проявления селей здесь не наблюдалось. Вследствие длительного отсутствия селевых потоков и паводков селеопасные площади прибрежной зоны р. Кынгарги и предгорного шлейфа освоены или стихийно осваиваются, под коттеджи, дома, дачи, возведенные на площадях высочайшего риска (рис. 3).

Рисунок 3. Селевая масса крупноглыбового материала, «поглотив» несколько домов и лесной массив, остановилась на северо-восточной окраине пос. Аршан.

Заключение

Реальная и перспективная оценка степени опасности и риска существующей инфраструктуры пос. Аршан может быть получена при осуществлении мониторинга повторяемости периодически возникающих сейсмических событий и количества выпадения атмосферных осадков.

В Южном Прибайкалье на разрушение объектов селями приходится в пределах 40 %, а на паводки горных рек и временных водотоков, оползней-сплывов, обвалов и абразии – 60 %. Проблему защиты Кругобайкальского участка нужно решать комплексно. При катастрофических селях в 1915, 1934, 1963 и 1971 гг. суммарные залповые выносы притоков в Байкал исчислялись до 100 млн. м^3 грязекаменного материала.

Следует отметить, что Южное Прибайкалье находится на пороге очередной масштабной трагедии в России, которая может произойти как всегда неожиданно.

СЕЛЕВАЯ ОПАСНОСТЬ ТЕРРИТОРИИ АВТОТУРИСТИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА «ТУНКИНСКАЯ ДОЛИНА»

Лехатинов А.М., Лехатинова Э.Б.

ФГБУ Национальный парк «Тункинский», Кырен, Россия

Впервые дается районирование по селевой опасности территории автотуристического кластера.

Ключевые слова: пораженность, селеопасность, кластер.

MUDFLOW DANGER TERRITORY AVTOTURISTICHESKOGO CLUSTER «TUNKUNSKAYA VALLEY»

Lekhatinov A.M., Lekhatinova E.B.

FGBU Tunkinsky National Park, Kyren, Russia

For the first time is given by the debris flow risk zoning of the territory of the avtoturističeskogo cluster.

Key words: susceptibility, mudflow danger, cluster.

Постановлением Правительства Российской Федерации № 644 от 02.08.2011 г. «Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации (2011-2018 г.г.)» на территории Республики Бурятия предусмотрено создание четырех международных туристических кластеров, в том числе автотуристического кластера «Тункинская долина». Три базовых участка развиваются на наиболее посещаемых территориях в местности «Вышка», «Аршан» и «Нилова» «Пустынь».

Территория Тункинского района, на которой находятся туристические объекты, превышает 11 тыс. кв. км. Природная рекреационно-туристическая ценность связана с уникальной особенностью строения Тункинской долины - впадины байкальского типа Байкальской рифтовой зоны (БРЗ).

Природные условия интенсивного развития опасных экзогенных геологических процессов, в первую очередь селевых, в Саяно-Байкальской горно-таежной области существенно различаются в зависимости от широты и высоты местности, геоморфологического и геологического строения и формы циркуляции воздушных масс. Значительную роль играют неудовлетворительное состояние лесной растительности и человеческий фактор. По грандиозности проявления селей Тункинская территория занимает ведущее место в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке.

Тункинская впадина с северной и северо-западной стороны замкнута альпинотипным высокогорьем Тункинского хребта с абсолютной отметкой выше 3200 м и хребтом Мунку-Сардык высотой до 3491 м Южный и юго-западный её борт представлен сводово-блоковым хребтом Хамар-Дабан (Ореховая гора) с куполо- и платообразными вершинами, осложненными останцами и ледниковыми карами, трогами в гольцовом поясе до высоты 2758 м н у м (верховье р. Харбяты).

Геологическое строение Тункинской впадины и прилегающих хребтов характеризуется сложным сочетанием горных пород различного возраста и петрографического состава. Широко распространены метаморфические, интрузивные породы докембрия и палеозоя, ограниченное развитие имеют мезозойские отложения. На Хамар-Дабане неоген-четвертичные эффузивные породы залегают на древних отложениях в разных местах в виде плато с выходом гранитных даек и штоков. Редкие фрагменты плато-базальтов сохранились на Тункинском хребте, особенно на его северо-западном фланге. Голоцен-плейстоценовые отложения представлены аллювиальными, аллювиально-пролювиальными, ледниковыми и

водно-ледниковыми отложениями. В эрозионно-тектонических распадках высокогорья преобладают делювиально-коллювиальные породы. Коллювиально-деляпсивные отложения покрывают склоны в лесном поясе среднегорья и низкогорья. На подгорных наклонных поверхностях преобладают пролювиально-селевые отложения и горный аллювий, которые во многих местах перекрывают ледниковые и водно-ледниковые накопления.

Морены висячих троговых долин уступами «падают» с поднятого крыла Тункинского сброса, по которому продолжаются современные вертикальные движения хребта и впадины: первый - воздымается, а вторая - погружается. Дифференцированные тектонические движения, в свою очередь, медленно (1-2 мм/год) и скачкообразно изменяют местный базис денудации, следовательно, растягиваются (разуплотняются) породы, особенно рыхлые, в сторону опущенного крыла регионального сброса. Аномальное увлажнение склона обуславливает разрыв сплошности слабоустойчивых пород зоны разрывных нарушений, формируются осовы в осыпях, сплывы, оплывины, оползни-потоки, которые трансформируются в склоновые сели. Склоновые гравитационно-эрозионные процессы речных долин увеличивают мощность и плотность селей. Так, например, в районе п. Аршан 28.06. 2014 г., интенсивный шестичасовой ливень вызвал во многих местах эрозионно-оползневой срыв элювиально-делювиальных, коллювиально-делювиальных, ледниковых и других пород областей колебательных движений блоков верхних ярусов тектонического склона, сошли сели по всем распадкам.

В Тункинской впадине атмосферные осадки распределяются неравномерно. Максимальное среднемноголетнее количество осадков выпадает в Аршанском селевом районе и составляет 506 мм/год (м. с. Аршан), тогда как минимальные осадки 275 мм/год наблюдаются в Торской впадине (50 км восточнее Аршана). В центре впадины на удалении 18 км южнее Аршана средний показатель осадков – 366 мм/год (м. с. Тунка), а на западе – 321 мм/год (м. с. Монды).

По интенсивности и опасности селевых процессов на территории международного автотуристического кластера, который представлен главным образом левобережьем р. Иркут, нами выделяются четыре селеопасных района: Аршанский, Хойтогольский, Мондинский и Верхнеиркутный.

Аршанский селеопасный район занимает южный крутой и высокий склон Тункинского хребта между реками Бол. Хобок и Бол. Шугуйта. В нем, с запада на восток, расположены следующие селеносные временные и малые водотоки бассейнов рек: Хайр, Хэр, Бульк, Елоты, Ганга, Хурай-Хайр, Бирон, Були, Тунка, Барун и Зун Хандагай, Толта, Бугатай, Кынгарга, 1-я и 2-я Шихтолайка, Артемьева, Малая Хайримта, Хайримта, Хухэ-Шулун, Хурай-Хобок. Пораженность селями территории селеопасного района достигает 75-80 %. Почти все водотоки, кроме Кынгарги и 1-й и 2-ой Шихтолайки, селевое воздействие не оказывают на населенные местности и хозяйственные объекты. Они наносят вред лесу и продуктивности ландшафтов, включая биоразнообразие.

Исторически существенный социально-экономический и экологический ущерб п. Аршан пиносили сели р. Кынгарга. Первый значительный материальный ущерб поселку нанесен селем 1962 г., последующие селевые потоки 1971, 1973 и 2001 г.г. были экономически менее заметными. Сель Кынгарги 2014 года, разрушил два моста, пекарню, повредил улицы по левобережью, изменил русло реки древеснокаменными грядами и заносами. Из фактического ряда схода разрушительных селей по р. Кынгарга, предварительно прослеживается 2-х, 9-ти, 13-ти и 28-летняя их повторяемость, что согласуется с циклами солнечной активности.

В истории п. Аршан с первой половины прошлого века не было случая схода селей по временным и малым водотокам за пределами русла Кынгарги. Хотя на их конусах выноса прослеживались заросшие лесом каменные гряды, суходолы и другие микроформы селевого рельефа, который активно застраивается с начала нового века без оценки лавинно-селевой опасности территории.

Между р. Кынгарга и водотоком Вторая Шихтолайка над п. Аршан расположено четыре

временных водотока каждый длиной более 2 - 3 км. до центра поселка. Их площади водосбора в гольцовом поясе колеблются в пределах 1 -2,5 кв. км., уклон русел до подошвы склона превышает 0,4 м/м. Каровые, эрозионно-денудационные воронкообразные водосборы с эрозионно-осыпными и лавинными лотками, расположены в интервале высот 1800-2300 м. и выше. Они занимают южную экспозицию склона Тункинских гольцов. Прогреваемая поверхность раньше освобождается от сезонной мерзлоты. Рыхлые породы, увлажняемые талыми водами, переходят в состояние неустойчивости по льдистому контакту к началу сезона дождей, особенно в зонах подвижных разрывных нарушений. Теплый интенсивный дождь, завершающийся ливнями, дополняется снежной водой затененных мест водосбора, усиливается в разы эрозия, которая сдвигает слабоустойчивые породы склона. Формируются промоины и осовы в осыпях, сплывы, оплывины в виде оползней потоков, переходящих в склоновые и русловые сели (рис. 1).

Рисунок 1.Типичные очаги формирования катастрофических селей в районе п. Аршан 28.06.2014 г.

Синоптическая обстановка в третьей декаде июня 2014 г. в районе Аршана развивалась под влиянием теплого воздуха, поступающего со стороны Приангарья по долинам Китоя и Кынгарги. Прохладный июнь с холодными ночами и переменно-облачной погодой с дождями, не повлиял отрицательно на формирование талого слоя пород на солнечной стороне склонов. Затянулось таяние снега в отрицательных формах высокогорья. При значительных запасах снега в ночь с 27 на 28 июня продолжительный теплый ливень выполнил функцию спускового крючка – произошел «залповый» сход селей разной плотности и мощности по всем распадкам и водотокам, включая р. Кынгарга. Речки Шихтолайки вынесли на подгорную поверхность и поселок гигантский объем каменного, песчано-глинистого и древесного материала. По совместным с В.К. Лапердиным предварительным подсчетам, объем только основного селевого поля размером 1300 м на 400 м, при средней мощности слоя 4 м., составляет более 1 млн. куб. м. (рис.2).

Рисунок 2. Основная часть из трех селевых полей р. Шихтолайка на восточной околице п. Аршан.

Размер отдельных слабоокатанных глыб достигает 3-4 м в поперечнике. Они, переносимые потоком, переместились по относительно мелким камням-каткам на 400-450 м ниже начала селевого поля. Примерно такой же объем селевой массы выплеснулась на поселок и территорию санатория «Саяны». Глыбы и валуны в виде вала засыпали гостиницу «Саган-Даля» на уровне 2-го этажа, пробили стену столовой лицея-интерната, разрушили десятки жилых домов, надворные постройки и смяли, завалили много легковых автомашин (рис.3).

Рисунок 3. Фронтальная часть основного селевого поля, поврежденная 3-х этажная гостиница «Саган-Даля».

Первый селевой вал обрушился на интернат в 7 ч.15 мин. Две женщины - дежурная и воспитательница детского спортивного лагеря «Эдельвейс» проявили мужество и находчивость и спасли 140 детей в возрасте от 7 лет и старше. Они подняли их на 3-й этаж, используя простыни и другие подручные средства. Подоспевшие жители помогли, успешно эвакуировать детей в безопасное место до наступления пика селевого потока.

Основной селевой вал Первой Шихтолайки в поселке слился с водокаменными выбросами смежного безымянного распадка. В поселке селевой поток, разделился на два русла. Основной поток, растекаясь по ул. Габанова, пересек территорию санатория «Саяны» и автотрассу, вынес на участок новостроек мелкий камень с песком и глиной, а также обломки деревянных построек, смятый легковой автомобиль и много мусора. По грязевым замазкам на деревьях, высота селевого потока на южной окраине Аршана колебалась в пределах 40-110см. Гряземусорные отложения языками длиной 1000-1200 м, шириной более 100 м и мощностью до 1,0 м., надолго нарушил рекреационный и биотический потенциал активно посещаемого лесного ландшафта.

Западную половину поселка разделяет р. Кынгарга, её селевые потоки оказывают разрушительные действия только в прибрежной зоне, где на старых отложениях расположены ул. Набережная, Вересова и др. Река Кынгарга, в горах выше водопадов, имеет ветвистую гидросеть, веерообразно сходящую в главное русло с уклоном 0,07-0,09 м/м на высотах 1200-1300 м.н.у.м. Малый уклон обусловлен равнинным строением днища эмбриональной межгорной впадины, окруженной гольцовым высокогорьем до 2578,9 м.н.у.м. Поверхность водосбора расчленена 25 малыми притоками с уклонами 0,2-0,3 м/м до слияния их в один главный водоток. Площадь водосбора р. Кынгарга до водопадов, составляет более 50 кв.км. На пониженном участке межгорной котловины аккумулируются твердые выносы притоков до образования селеформирующего паводка.

Водокаменный сель 28 июня 2014 года, прошедший по р. Кынгарга, зародился в котловине, усилился эрозионно-оползневыми выносами правого безымянного распадка ниже последнего водопада. По распадку сошел плотный сель из делювиально-коллювиальных отложений с лесной растительностью. Сель притока сфомировал временную запруду в русле Кынгарги, обход и прорыв которой сопровождался затоплением экологического

парка, образованием нового русла по левобережной пойме с лесом. Поток вышел на хозяйственные объекты, размыл насыпь моста слева, что привело к его обрушению, а также повредил прибрежную улицу, разрушил хлебопекарню, бетонную дамбу и др. Сильно ухудшилась экологическая обстановка и на правобережье - «отключились оросительные» ручьи, заилились и замусорились дворы с холодными туалетами, загрязнилась питьевая вода.

Общий материальный и экологический ущерб, нанесенный п. Аршан, по предварительным расчетам может превысить 900 млн. руб. Пострадали 196 жилых и других объектов, в том числе: гостиница, лицей-интернат, детский спортивный лагерь «Эдельвейс», санаторий «Саяны», два моста, автодорога и т.д. Значительный урон нанесен экологии леса, редким видам растений и дикоросам, животному миру, минеральным источникам и др. Курортная местность временно снизила посещаемость и не будет приносить прибыль до нового сезона.

Хойтогольский селеопасный район занимает поверхность амфитеатра одноименной впадины байкальского типа между реками Ихе-Угунь и Хубуты. На Ихе-Угуне все левые притоки селеносны и питаются твердым материалом из обвально-осыпных, эрозионно-оползневых и лавинных очагов, и в результате размыва и переотложения русловых накоплений. В ледниково-эрозионных долинах притоков главной реки, наиболее благоприятные условия селеформирования имеются ниже ригеля в её V-образной части крутого склона (р.р. Хойто-Гол, Ихе и Бого Булнай, Ула-Гол). Селевые выносы «зависают» в лесном поясе в интервале высот 1400-1500 м. Они не отражаются негативно на хозяйственной деятельности человека, но значительно влияют на экологию леса и ареал обитания животных. Сели могут отрицательно влиять на безопасное ведение туризма по маршруту Тунка-Шумак. Пораженность района селями колеблется в пределах 60-70%.

Мондинский селеопасный район занимает территорию левобережья Иркута, включая р. Хулугайша и Саган-Шулун, а также правобережный приток Обо-Горхон. По водотокам Хулугайша и Хулу-Сабсаж сходят водокаменные сели к автодороге Култук-Монды. Они выносят к мостам глыбы и валуны размером крупнее 1,0 м в поперечнике. Мосты построены с учетом селеопасности водотоков, не разрушаются.

Селеносная р. Саган-Шулун расположена вдали от населенной местности и хозяйственных объектов. Разгрузка селевой массы происходит в реку Иркут.

Речка Обо-Горхон берет начало с перевала Мунгийн-Даба на абс. отм. 1876 м. Селевые процессы связаны со строительством автодороги Монды-Монголия. Техногенное нарушение островной многолетней мерзлоты и рубка леса и пожары обусловили селепроявление. Первые существенные воздействия селевого потока на автодороги Монды-Монголия и Монды-Орлик произошло в 2001 году. Пораженность селями Мондинской территории не превышает 40% от общего числа малых рек и речек.

Верхнеиркутый селеопасный район представлен долиной Иркута выше Мондинской впадины. До 65-70% селеносны правые притоки, берущие начало в высокогорье Мунку-Сардыка. На автодорогу Монды-Орлик и туристические тропы выходят склоновые и русловые сели малых водотоков (Аерхан, Бугута, Буговек, Муговек, Белый Иркут). Наиболее частые и разрушительные сели сходят по малому водотоку Лехсырзан на 22 км автодороги в сторону Орлика. Летом 2001 года мощный сель разрушил её на участке протяженностью более 100 м., движение автотранспорта приостановилось на несколько дней.

По правобережью Иркута ниже Мондинской впадины, селевая опасность не представляет угрозу населению и туризму. Слабые водокаменные потоки с содержанием твердого материала 4-6 %, редко формируются на водотоках Харбяты, Кырен, Малый и Большой Маргасан. Селеподобные горные паводки на р. Кырен наносят разрушения в береговой зоне парку отдыха и улице по правобережью. По Маргасанам валунно-галечные отложения сдвигаются большой водой, на отдельных участках русла плотность потока увеличивается под действием русловых процессов.

Селевая активность Тункинской долины слабо изучена, хотя она имеет особое значение при развитии международного туризма и альпинизма. Мониторинг активности схода селей на опасных для хозяйственной деятельности участках, проводился в 2004-2008 годах Национальным парком «Тункинский». Работы были закрыты Росприроднадзором по Республике Бурятия как непрофильные, несмотря на то, что селевые, лавинные, эрозионные и другие процессы и наводнения наносят огромный экологический ущерб лесу, биологическому разнообразию, снижает качество ландшафта. Национальный парк в условиях горной территории, не может эффективно развиваться без мониторинга и прогноза проявления природных процессов опасных для биоразнообразия и человека. Район не должен развиваться без предварительной научно-практической оценки природно-антропогенной опасности и экологической ранимости территории хозяйственного назначения.

Причина повсеместного схода селей в бассейне Кынгарги – многоснежная зима в горах, затяжная весна, гигантский запас влаги в виде снега в ущельях, интенсивный дождь третьей декады июня, завершившийся 27-28 июня 6-ти часовым ливнем.

Причина существенного социально-экономического ущерба, связанного со сходом селей:

1) Исключительное игнорирование селевой, лавинной, обвальной, наледной, сейсмической и других природных опасностей территории района (парка).

2) Застройка п. Аршан проводится без предварительной научной оценки экологической пригодности и природно-геологической безопасности территории.

3) В сезон дождей по селевым руслам и промоинам будут повторяться селеподобные грязевые потоки, которые усугубят экологическую обстановку на юго-восточной и южной частях п. Аршан.

Рекомендуются мероприятия:

1) Срочно отвести или спрямить новое селеносное русло в виде железобетонного лотка, чтобы пропускать повторные разрушительных селевые потоки;

2) Запретить развитие п. Аршан и других поселений, туристических объектов без научного обоснования природно-антропогенной безопасности территории;

3) Провести научно-исследовательские работы по оценке подверженности территории Тункинского района (парка) опасному воздействию геологических процессов (сели, лавины, обвалы, оползни, землетрясения, наледи, подтопление, термокарст и т. д.). Организовать в Тункинской долине комплексную научно-исследовательскую службу мониторинга и прогноза развития опасных геологических процессов и наводнений.

КАТАСТРОФИЧЕСКИЕ СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ В ПОСЕЛКЕ АРШАН ТУНКИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ, 28 ИЮНЯ 2014 г.

Макаров С.А., Черкашина А.А.

Институт Земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

Ночью 28 июня в районе п. Аршан Тункинского района Республики Бурятия в результате интенсивных ливневых осадков сформировались селевые потоки двух типов: 1) водокаменный сель по р. Кынгарга; 2) грязекаменные потоки из долин берущих начало в карах южного склона хребта Тункинские гольцы.

Такая крупномасштабная ситуация сложилась здесь впервые с момента упоминания о селевых процессах на данной территории [Львов, Кропачев,1909; Романов, 1994; Зонов, 1962].Следы древних селей были встречены в разных местах на конусах выноса слагающих предгорную наклонную равнину

Южные склоны Тункинских гольцов в виде полосы субширотного направления шириной 1-2,5 км сложены отложениями безымянской свиты (архей – нижний комплекс протерозоя): гнейсами, плагиогнейсами, кристаллическими сланцами, с маломощными прослоями мраморов. Севернее, ближе к водоразделу выходят интрузии китойского комплекса представленные разгнейсованными плагиогранитами, очковыми гнейсо-гранитами. Далее иркутная (нижний-средний комплексы протерозоя нерасчлененные) и монгошинская свиты (верхний комплекс протерозоя) сложенные известняками, гнейсами, сланцами, доломитами.

Вдоль подножия Тункинских гольцов прослеживается наклонная предгорная равнина сложенная широкими и мощными конусами выноса пролювиально-аллювиального материала и ледниковыми образованиями: валунные с галечниково-гравийно-песчаным заполнителем.

В основании подошвы склона Тункинских гольцов расположена зона активного Тункинского разлома имеющего субширотное простирание.

Рисунок 1. Селевые потоки в районе пос. Аршан.
Фото Н.Н. Воропай с пика Любви 20.08.2014 г.

28.06.2014 года в районе пос. Аршан произошла селевая катастрофа вызванная выпадением интенсивных ливневых осадков при активной грозовой деятельности. Практически синхронно с двух сторон на поселок обрушились селевые потоки. Со стороны гор из распадков временных и постоянных водотоков грязекаменные сели направились в юго-западном направлении в сторону пос. Аршан (рис. 1). Достигнув поселка, потоки воды с высокой концентрацией взвешенного супесчаного материала разрушили тротуары и газоны с обеих сторон центральной улицы Трактовой, местами эродировав рыхлые отложения (гравийно-галечниково-песчаные) на глубину до 1,5 м (рис. 2-5). В оградах домов отложился слой наносов мощностью до 1 м. Водоотводной канал в средней части поселка также был занесен этими отложениями. Ряд домов до окон первых этажей закидало грязекаменным материалом, часть из

них разрушило (рис. 4). На территорию детского санатория «Сагаан Дали» выбросило твердую фазу селя преимущественно в виде валунов на высоту до второго этажа здания (рис. 5).

Рисунок 2. Овраг, сформировавшийся потоком воды вдоль ул. Трактовой в районе курорта «Саяны». Фото 28.06.2014 г, время 18 ч. 40 мин.

Рисунок 3. Искусственный водопад на ул. Трактовой. Фото 28.06.2014 г, время 18 ч. 47 мин.

Рисунок 4. Разрушенный деревянный дом в районе санатория «Сагаан Дали».

Рисунок 5. Спальный корпус санатория «Сагаан Дали» заваленный селевыми отложениями спустившимися по р. Вторая Шихталайка. Фото 13.07.2014 г.

Местом зарождения грязекаменных селей являлись кары. Вначале ливневые осадки сформировали водные потоки, которые спровоцировали линейную донную эрозию. На этот

момент селевые потоки были водокаменные. Поток воды эродировал подстилающие рыхлые отложения и вовлекал в движение валуны, галечник, гравий и песок. В этот короткий период формирование селевых масс было аналогично селевым событиям 1962 г., при этом кар при формировании водного стока выполнял роль коллектора сбора выпавших осадков, как в свое время его охарактеризовал Б.В. Зонов [1962].

Вероятно, через короткий промежуток времени, ливневые осадки насытили водой склоновые отложения, которые потеряв сцепление пришли в движение. На стенках кара начали формироваться сплывы обломочного материала представленные преимущественно глыбами, щебнем, дресвой и песком. Сплывы спустившиеся на наклонные днища каров вовлекли в движение ледниковые отложения. Грязекаменная масса начала спускаться по долинам рек и ручьев, вовлекая вначале на своем пути пролювиально-аллювиальные отложения, которые аккумулировались ранее на днище селевыми и водными потоками. Прорезав толщу этих отложений на 5 метров, а возможно на отдельных участках и более, селевая масса врезалась в кору выветривания скальных пород на глубину 5 м и более. Следует заметить, что сплывы по стенкам кара вероятно срабатывали не синхронно, а с короткими промежутками, тем самым вызывали импульсивный характер движения грязекаменного селя. На своем пути грязекаменная масса вовлекла в движение растительность, которая произрастала в долине. Это преимущественно сосна сибирская, лиственница, береза и осина. При глубинной эрозии был полностью уничтожен почвенный горизонт.

При выходе грязекаменного потока на конус выноса, селевая масса уложила под себя встречающуюся на пути деревья, сформировав так называемую «деревянную отмостку». По периметру селевого потока аккумулировался валунный материал в идее селевых гряд. Перпендикулярно движению между деревьями возникали многочисленные преграды из древесно-каменного материала высотой до двух метров, напоминающие забор. В зоне транзита зафиксированы единичные переносы слабоокатанных валунов размером от 2 до 3 м.

В зоне аккумуляции откладывался преимущественно влекомый материал. Мощность его составляла до 3-3,5 м (санаторий Сагаан Дали, рис. 5).

Общая длина формирования грязекаменного селя по долине ручья спускающегося из второго кара равняется 5,5 км. Зона зарождения от этого расстояния составила 71 %, транзита – 11 и аккумуляции – 18 %.

Во время прохождения водокаменных селевых потоков на рр. Харимта и Мал. Харимта произошла перестройка речной сети. Во второй половине дня 28 июня 2014 г. через 12 часов после начала ливня при визуальном обследовании было зафиксировано отсутствие воды в р. Мал. Харимта, хотя следы водного потока хорошо просматривались в русле. Было высказано предположение, что в месте разветвления рек Харимта и Мал. Харимта, в 4,2 км от автодорожного моста произошло закупоривание селевыми отложениями русла р. Мал. Харимта. Наша точка зрения подтвердилась, когда обследовали этот участок 19 августа 2014 г. После того, как забило вход в русло р. Мал. Харимты, днище русло р. Харимты врезалось на глубину более 1 м. Максимальный величина донной эрозии выше по руслу составила 2,5 м. Кроме того оказалось, что русло р. Харимты в несколько сот метров выше от этого места также перегородило селевыми отложениями. Водный поток сместился левее р. Мал. Харимта и продолжил свое движение, по другому старому руслу, врезаясь в валунные отложения.

Практически одновременно с формированием грязекаменных потоков и по р. Кынгарге начал проходить водокаменный сель. По левому берегу реки по нижней тропе на территории лечебных корпусов курорта Аршан поток воды с реки привел к массовому развитию эрозии. В движение вовлекались валуны диаметром до 75 см. В ряде мест отложился супесчаный материал мощностью до 45 см. Скважины с минеральной водой, расположенные вблизи русла реки были занесены валунно-галечным материалом. Мощный

поток воды вызвал абразию берегов и днища речной долины, вследствие чего в массовом количестве в движение были вовлечены вывороченные с корнями деревья и кустарники, сформировавшие многочисленные завалы. Ниже моста по левому берегу при подмыве берега разрушило каменное строение.

Особенно следует отметить разрушение нового моста через р. Кынгаргу, который был построен в 2013 г. Сечение для пропуска воды составляло около 10 м^2. По своей конструкции этот мост больше напоминал водопропускное отверстие. К утру 28 июня 2014 г., спустя несколько часов после начала водокаменного селя, эта конструкция была полностью разрушена.

В средней и нижней частях предгорной наклонной равнины временные и вышедшие из берегов постоянные водотоки, сформировали неоднородные по сложению и гранулометрическому составу наносы мощностью до 80 см. Занесенными оказались сосновые, еловые и смешанные леса, а также заболоченные участи и пастбища. Приблизительно, площадь, охваченная наносами, может составлять несколько десятков квадратных километров. Последствия прохождения селевых потоков, несомненно, приведут в дальнейшем к трансформации почвенного и растительного покрова.

Произошедшее селевое событие в очередной раз подтверждает точку зрения о необходимости постоянного мониторинга стихийных событий на горных территориях Прибайкалья. Эта задача не решается. Подобные исследования способствуют снижению негативных последствий от катастрофических процессов.

Литература

1. Львов А., Кропачев Г. Краткий отчет о результатах исследования «Аршана» произведенного по поручению В.Сиб. Отд. Геогр. Общ. и Общ. врачей // Известия Вост. Сибирск. Отдела Русск. Геогр. О-ва, № 40. – 1909, С. 41–77.
2. Романов Н.С. Летопись города Иркутска за 1902–1924 гг. – Иркутск: Восточно-Сибирское книжное издательство, 1994. – 560 с.
3. Зонов Б.В. Материалы к характеристике селевых паводков в районе курорта Аршан в июле 1962 г. (по данным визуальных наблюдений). – Иркутский государственный университет им. А.А.Жданова, кафедра физической географии, декабрь 1962 г. – 32 с. (Фонды Иркутского УГМС).

Раздел III

Риск и проблемы прогноза селей

Part III

Risk assessment and debris flow forecast

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ СЕЛЕПРОЯВЛЕНИЙ ВЫСОКОГОРНЫХ ЛИВНЕВЫХ СЕЛЕЙ ПРИЭЛЬБРУСЬЯ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИИ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА

Андреев Ю.Б.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
географический факультет, НИЛ снежных лавин и селей, Москва, Россия*

Обосновывается связь между значениями ранее составленной краткосрочной функции прогноза ливневых селей в высокогорных районах Приэльбрусья и интенсивностью сезонных селепроявлений. Вводится индикатор интенсивности селепроявлений с ранжированием в диапазоне от 0 до 2. На основе корреляции значений функции прогноза и рангов интенсивности порядка 0,4-0,5 и значимости ненулевой гипотезы порядка 0,001-0,002 выявляются два диапазона селевой активности: слабой 0-1 и сильной 1,5-2. Это позволяет примерно оценивать по текущим метеоданным интенсивность прогнозируемых событий схода селей.

Ключевые слова: ливневые сели, интенсивность, прогноз.

INTENSITY ASSESSMENT OF HIGH MOUNTAIN RAINSTORM DEBRIS-FLOW PHENOMENA IN ELBRUS VICINITY ON THE BASIS OF THE SHORT-TERM FORECAST FUNCTION

Andreev Yu.B.

*Moscow State University named by M.V. Lomonosov, Geographical Faculty,
Scientific Research Laboratory of Avalanches and Mudflows, Moscow, Russia*

The finding relationship between values of earlier compiled short-term forecast function for rainstorm debris-flows in high mountain areas of Elbrus vicinity and seasonal debris-flow events intensity is grounded. The rainstorm debris-flows intensity index is inserted in range of 1-2. Based on correlation between forecast function values and intensity ranks of order 0,4-0,5 by nonzero hypothesis significance of order 0,001-0,002 two debris-flow activity ranges are revealed: weak one 0-1 and strong 1,5-2. This allows to hope on approximate assessment of the forecasted debris-flow events by current meteorological data.

Key words: rainstorm debris-flow, intensity, forecast.

В работе поставлена задача найти связь между значениями краткосрочной функции прогноза ливневых селей, выведенной нами ранее [1, 2, 7] и интенсивностью селевых событий в рамках сезонных селепроявлений. Данный аспект в исследовании селей появился под влиянием аналогичных исследований на базе краткосрочного прогнозирования лавин различного генезиса и связи вероятностного зонирования зон отложений лавин в Приэльбрусье и Хибинах со значениями функции прогноза [3, 4, 5, 6, 8, 9, 10]. Кроме того, следует напомнить, что сами функции прогноза такого типа для лавин были составлены на базе макрофизических статистических моделей с учетом их успешного применения на примере высокогорных ливневых селей Приэльбрусья.

В отношении интенсивности селепроявлений различаются следующие варианты селевых событий: отсутствие селевых потоков, единичные сели, локальный сход селей в отдельных очагах и, наконец, массовый сход селей в исследуемом регионе. Все эти варианты мы проранжировали в целях дальнейшего анализа градации интенсивности селепроявления следующим образом. Вводится условный численный индикатор селевой активности. Цифрой 0 обозначается отсутствие селей, 0,5 – случаи неопределенности регистрации селей (то ли сошли, то ли нет, поскольку этот вариант также учитывался при обработке рядов наблюдений), 1 – это единичные сели; 1,5 – локальные сели, а 2 – массовый сход. Далее, на основе

ряда наблюдений за 1953 -2005 гг. нами ранее была построена краткосрочная функция прогноза F в виде:

$$F=0{,}001(1/\text{мм}\cdot{}^{o}C)Xt+0{,}012(1/{}^{o}C)\sum t6 \qquad (1)$$

где X – среднесуточные осадки, мм; t - среднесуточная температура воздуха, ^{o}C; $\sum$t6 – текущая сумма среднесуточных температур воздуха за 6 дней, ^{o}C; F – безразмерная величина с критическим значением, равным 1, при превышении которого прогнозируется сход селей в области критических значений X=20 мм, t = 9 ^{o}C, $\sum$t6= 72 ^{o}C.

Проверка значений функции на текущем независимом материале дала оправдываемость порядка 70-80% и предупрежденность такого же порядка. Представляет также интерес, насколько значения полученной функции соответствуют интенсивности селепроявлений, т.е. имеется ли связь со слабой или сильной селевой активностью. В данном случае, в диапазон слабой активности мы включаем отсутствие или наличие единичных селей. В диапазон средней и сильной активности будем помещать локальные сели и массовый сход селей. Для разделения этих диапазонов введем условный численный индикатор селевой активности, определяющий первый вышеупомянутый диапазон слабой селевой активности как 0-1, а второй – средней и сильной активности 1,5-2.

Далее ставим значения индикатора интенсивности I в каждом диапазоне в соответствие с рядом значений функции прогноза F в интервале 0,8 – 1,2, и вычисляем корреляцию. Таким обраом, мы получили для первого диапазона величину корреляции 0,47 при значимости 0,001, а для второго 0,50 при той же значимости. Это позволяет надеяться на наличие связи между значением функции прогноза и интенсивностью схода селей, и, тем самым, разделить диапазоны слабой и активной зон селепроявления. В дальнейших расчетах можно использовать уравнение регрессии, составленное на основе статистической обработки полного ряда значений индикатора I и соответствующего им ряда значений функции прогноза F. Они коррелируют друг с другом на уровне 0,47 со значимостью 0,002, а уравнение регрессии имеет вид:

$$I = 1{,}1F - 0{,}45 \qquad (2)$$

В результате данного анализа приходим к выводу, что идея об оценке интенсивности селепроявления по величине функции прогноза вполне допустима. В плане дальнейших исследований речь должна идти, в основном, об уточнении формулы самой функции прогноза с целью ее большего статистического соответствия макрофизическим процессам селеобразования в данном регионе посредством более точного подбора коэффициентов формулы, а также добавления новых членов, учитывающих дополнительные метеорологические факторы и их комбинации.

В качестве примера можно привести другой вариант вышеуказанной формулы функции прогноза, построенной на основе ранее предложенного макрофизического механизма «увлажнения – высыхания» тела селя и подложки для селеобразования, с другими коэффициентами. Последние вычисляются на основе корреляции значений входящих в формулу предикторов с индикаторами интенсивности селепроявления. В результате формула (1) приобретает вид:

$$F=0{,}002(1/\text{мм}\cdot{}^{o}C)Xt+0{,}0034(1/{}^{o}C)\sum t6 \qquad (3)$$

При этом соответствующие коэффициенты корреляции имеют следующие величины: для слабого диапазона 0,51, для активного – 0,40, для общего ряда– 0,44. При этом значимость также составляет небольшие величины порядка 0,001-0,002, допустимые для принятия ненулевой гипотезы о возможности оценки селевой активности по величине функции краткосрочного прогноза. Т.е. при новом подходе получаем для разделения диапазонов

критерии того же порядка, что и выше. При этом средние значения функции прогноза для каждого диапазона следующие: для общего – 0,93, для слабого – 0,87, а для сильного – 1,00 при значениях стандартного отклонения порядка 0,2.

Если вычислить перекрестную корреляцию значений функции прогноза в обоих диапазонах при сопоставимой длине выборок, получим величину корреляции не более 0,2. Поэтому мы имеем достаточные статистические основания для различения обоих вышеуказанных диапазонов интенсивности селепроявлений по величине краткосрочной функции прогноза. В зависимости от близости значения функции прогноза к той или иной вышеуказанной средней величине можно предсказывать с определенной достоверностью соответствующую степень активности селепроявления, прогнозируемого краткосрочной функцией прогноза. «Водораздел» между слабым и активным характером селепроявлений будет проходить примерно на уровне среднего значения функции прогноза 0,93.

При сравнении формулы (3) с формулой (1), можно увидеть, что их отличие друг от друга после нормировки формулы (3) не столь существенно. Хотя на первый взгляд обе формулы и основываются на разных подходах при статистической оценке коэффициентов – первая на оценке относительной частоты попадания значений предиктора в критический массив значений предиктора, а вторая – на корреляции значений предиктора с рангами интенсивности селепроявления – однако различие между этими функциями прогноза вполне объясняется статистической погрешностью оправдываемости краткосрочного прогноза порядка 20-30 %, достижимой при используемой выборке. Но зато второй вариант формулы функции прогноза существенно облегчает ее вычисление, особенно, в случае оценки интенсивности прогнозируемого селепроявления. В этом отношении примечательно, что первый член формулы (3) с произведением среднесуточных значений осадков и температуры воздуха коррелирует при значении корреляции 0,94 с предложенным вариантом ранжирования интенсивности (активности) селепроявлений. В этом случае в функции прогноза (3) можно оставить только первый член.

Вычисление значений функции прогноза с использованием формул (1) и (3) и их сопоставление с соответствующими рангами интенсивности селепроявления дает следующую таблицу величин корреляции.

Таблица 1.

Значения корреляции функции прогноза и индикатора интенсивности селепроявлений при вариации длин ряда наблюдений и формул прогноза за период наблюдений 1953-2001 гг.

Формула (1)		Формула (2)	
Корреляция рангов интенсивности и функции прогноза селей		Корреляция рангов интенсивности и функции прогноза селей	
Общая выборка активности	0,47	Общая выборка активности	0,44
Выборка слабой активности	0,47	Выборка слабой активности	0,51
Выборка сильной активности	0,50	Выборка сильной активности	0,40

Исходя из вышеизложенного, интересно также проанализировать вариацию результатов с увеличением ряда наблюдений и с изменением формулы прогноза, в данном случае, с вариацией ее коэффициентов вследствие их соотнесения непосредственно с ранжированием интенсивности, а не с частотой превышения значениями предикторов их критических значений, как это было сделано в случае формулы (1).

Анализ данных таблицы показывает, что при предпринятых вариациях результаты оценки интенсивности селепроявления меняются не очень сильно, вполне в пределах ошибки оценки, что, собственно, указывает на устойчивый характер предложенной оценки.

Для окончательного выявления соответствия индикаторов селевой активности значениям функции прогноза и для уточнения самой функции краткосрочного прогноза необходимо продлить статистику наблюдений, как указывалось ранее [1, 2], еще, по крайней мере, на 15-20 лет. При этом для оптимальной модификации самой функции, возможно, понадобится введение новых дополнительных членов в уравнение функции, связанных с предикторами типа интенсивности осадков, суммы осадков за теплый период, суммы температур за более длительный теплый период и/или их сочетаний и т.п.. При этом следует отметить, что вычисление на независимом материале данных, имевшихся в нашем распоряжении, на 5 лет вперед после 2001 г. при сохранении общего характера корреляций за весь период, все-таки дает на этом коротком отрезке тенденцию снижения корреляции рангов интенсивности и соответствующих значений функции прогноза. Причиной этого можно пока считать недостаточную продолжительность исследуемого периода для полной статистической достоверности результатов анализа, а также, скорее всего, случайные климатические отклонения, возможно, связанные с переходом климатических изменений на участок повышения селевой активности как раз около 2000- 2001 гг., что отмечалось ранее в нашей статье [2, Рис. 1]. Поэтому пока нет достаточных оснований для отказа от дальнейшей разработки вышеизложенной идеи в отношении оценки связи активности ливневых селепроявлений с функцией краткосрочного прогноза в ходе текущего накопления массива данных в высокогорье Северного Кавказа, учитывая плодотворность такой идеи для лавин различного генезиса в Приэльбрусье и Хибинах.

Литература

1. Андреев Ю.Б., Сейнова И.Б. Модельно-статистический подход к краткосрочному прогнозированию ливневых селей на примере высокогорного Центрального Кавказа // Вест. МГУ, Сер. 5. География. 1984. № 4. С. 86–92.
2. Андреев Ю.Б., Божинский А.Н., Сейнова И.Б. Анализ многолетнего хода значений функции краткосрочного фонового прогноза высокогорных гляциально - ливневых селей Северного Кавказа // Материалы международной конференции «Гляциология в начале XXI века» к 100-летию Г.К.Тушинского, М.: Универс. книга, 2009. С. 92-97.
3. Андреев Ю.Б., Суханов Л.А. Сравнительный анализ оценок дальности выброса лавин и риска на основе разных статистических моделей отложений // МГИ. 2004. Вып. 96. С. 144–146.
4. Андреев Ю.Б., Трошкина Е.С. Методика статистического макрофизического моделирования условий лавинообразования // МГИ. 1998. Вып. 86. С. 165–169.
5. Божинский А.Н., Молоткова Ж.Е. О вероятностном крупномасштабном зонировании лавиноопасной территории // МГИ. Вып. 103. 2007. С. 87–90.
6. Божинский А.Н., Суханов Л.А. Математическое и физическое моделирование гравитационных лавинных потоков // Снежные лавины, сели и оценка риска. М.: Изд. МГУ. 2004. С. 71–88.
7. Сейнова И.Б., Золотарев Е.А. Ледники и сели Приэльбрусья (Эволюция оледенения и селевой активности) М.: Научный мир. 2001. 204 с.
8. Суханов Л.А. Вероятностное зонирование лавиносборов как инструмент мониторинга климата // Сокращение гляциосферы: факты и анализ: Тезисы докладов XIII Гляциологического симпозиума. С-Пб.: 2004. С. 126.
9. Андреев Ю.Б., Божинский А.Н., Черноус П.А. Краткосрочный пространственно-временной прогноз сухих лавин сублимационной перекристаллизации и смешанного типа // Лед и снег. 2013. № 1 (121). 2013. С. 69-72.
10. Андреев Ю.Б., Божинский А.Н., Черноус П.А. К методике построения локального краткосрочного пространственно-временного прогноза метелевых лавин в Хибинах // Природные риски: анализ, оценка, картографирование: Материалы Международной научной конференции, посв. 80-летию С.М.Мягкова. М.: Изд-во МГУ, 2013. С. 7-12.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛНОГО И УДЕЛЬНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РИСКА СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ

Бабурин В.Л., Гаврилова С.А., Грязнова В.В., Шныпарков А.Л.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
географический факультет, Москва, Россия*

Территория и хозяйство Северного Кавказа подвержены негативному воздействию различных опасных и неблагоприятных природных явлений, в том числе и селевых потоков. В статье приводится оценка риска селевых потоков в экономических показателях (полный и удельный экономический риск), и приводятся их расчеты по муниципальным образованиям для республик Северного Кавказа, Ставропольского и Краснодарского краев. Проведенное исследование показало, что максимальное значение экономического риска селевых потоков на региональном уровне характерно для республики Дагестан и Краснодарского края, а минимальное – для республики Адыгея.

Ключевые слова: селевые потоки, экономический риск, Северный Кавказ.

DETERMINATION OF FULL AND SPECIFIC ECONOMIC DEBRIS FLOWS RISK IN THE NORTH CAUCASUS

Baburin V.L., Gavrilova S.A., Grayznova V.V., Shnyparkov A.L.

Moscow State University named by M.V. Lomonosov, Geographical Faculty, Moscow, Russia

The territory and the economy of the North Caucasus are affected by negative influence of different dangerous and contrary natural phenomena, among other there are landslides. In the paper the methods of estimation the complete and specific economical risk are present and for the republic of Northern Caucasus and Krasnodarskiy and Stavropolskiy regions the values were calculated. The conducted research shown that the maximum values of complete economical risk on the regional level appears in the Dagestan republic and Krasnodarskiy regions and the minimum – in the republic Adigeya.

Key words: debris flows, economical risk, North Caucasus.

Несмотря на усилия, которые принимаются ежегодно для снижения неблагоприятных воздействий природных опасностей на территории России, опасные природные процессы продолжают наносить значительный ущерб, причем в наибольшей степени от них страдают территории Дальневосточного региона и юга Европейской части России (Гаврилова и др., 2011). На юге Европейской части России встречается практически весь спектр опасных природных процессов. Селевые потоки, влияющие на относительно небольшие по площади территории, способны приводить к экономическим потерям, сравнимым с вызываемыми паводками и наводнениями.

Развитию селевых потоков на Северном Кавказе благоприятствуют метеорологические, орографические, геологические и геоботанические условия. В пределах Северного Кавказа гидрометеорологические условия благоприятны для формирования селевых потоков на всей территории. Этот район характеризуется достаточно длительным периодом с температурами воздуха выше 0°С, когда возможно образование селевых потоков. На западе Северного Кавказа продолжительность теплого периода достигает 7-8 месяцев, а на Черноморском побережье Кавказа до 9-10 месяцев. На Центральном Кавказе - от 5-7 месяцев в низкогорье и среднегорье до 4 месяцев в высокогорных районах. В восточных районах Северного Кавказа продолжительность теплого периода в низкогорных и среднегорных районах вновь возрастает до 8 месяцев, а в высокогорных районах составляет 4-5 месяцев. Увлажнение Северного Кавказа достаточно для формирования селевых потоков и снижается

с запада на восток и от высокогорья к низкогорью. На Западном Кавказе выпадает до 2500 мм осадков за год. В этом же районе формируются частые интенсивные ливни (более 30 мм/сутки). С продвижением на запад количество, интенсивность и частота селеформирующих осадков уменьшается. Таким образом, гидрометеорологические условия формирования селевых потоков благоприятны на всей территории Северного Кавказа.

Орографические условия Северного Кавказа также благоприятны на всем его протяжении с запада на восток. Они характеризуются большим количеством речных бассейнов с уклонами достаточными для образования селевых потоков. Геологические условия на всем Северном Кавказе также благоприятны для формирования селевых потоков. Большая часть территории Северного Кавказа характеризуется залеганием слоев рыхлообломочных материалов, мощность которых может изменяться от 1-2 до 10 м. Геоботанические условия образования селевых потоков в нижнегорье и среднегорье оказывают неблагоприятное влияние на образование селевых потоков, так как большая часть долин и склонов залесены, а поверхность склонов хорошо задернована. В высокогорных районах, местах развития современного оледенения, геоботанические условия благоприятны для образования и развития селевых потоков из-за отсутствия лесной растительности и плохой задернованности склонов.

В зависимости от степени благоприятности сочетания вышеназванных условий образования меняется степень опасности и характер развития селевой деятельности.

На Северном Кавказе насчитывается 925 селевых бассейнов (не считая мелких склоновых форм) (Селеопасные…, 1976). Селевые потоки представляют угрозу населенным пунктам, транспортным коммуникациям, сельскохозяйственным угодьям.

В данной работе под риском понимается вероятность нежелательных последствий (Курбатова и др., 1997; Мягков, Шныпарков, 2004). Риск есть функция подверженности, уязвимости и защищенности объекта от опасного природного воздействия. При оценках риска склоновых процессов используются следующие показатели: вероятность события (повторяемость процессов), уязвимость оцениваемых объектов в пространстве и во времени, социально-экономические показатели (Мягков, 1995). Спецификой использования экономических показателей при оценках риска в среднем масштабе является использование значений валового регионального продукта (ВРП) или его аналога для муниципальных образований (МО).

Оценка селевого риска выполнялась в показателях вероятного ущерба за год. Она основана на ранее разработанной методике оценки индивидуального риска селей и лавин (Селиверстов и др., 2010; Шныпарков и др., 2013; Seliverstov et. al., 2008).

Для оценки селевого риска в экономических показателях вместо показателей численности и плотности населения использовались значения стоимости основных фондов в пределах административных районов (МО) и стоимость основных фондов в расчете 1 км^2.

Источником для составления карт пораженности территории, повторяемости схода селевых потоков и продолжительности селеопасного периода стала «Карта селевых бассейнов Северного Кавказа», составленная в 2012 году в НИЛ снежных лавин и селей под руководством В.Ф.Перова масштаба 1:200 000 (Карта…, 2010) и районирование территории Северного Кавказа по продолжительности селеопасного периода Н.Л. Белой (2004).

Таким образом, были определены все необходимые параметры селевого режима для оценки полного и удельного экономического риска. Составленные карты селевого риска в экономических показателях на территорию Северного Кавказа представлены на рисунке 1.

Разработанная методика оценки полного и удельного экономического риска от селевых потоков на территории Северного Кавказа позволила выделить районы, где значения полного и удельного экономических рисков максимальны. В целом по всему Северному Кавказу вероятный ежегодный ущерб от селевых потоков составляет почти 15 миллионов рублей в ценах 2011 года (Табл.).

Таблица 1.
Полный и удельный экономический риск селевых потоков по субъектам Северного Кавказа.

Субъект	Полный экономический риск, тыс. рублей в год	Удельный экономический риск, тыс. рублей в год
Республика Дагестан	10122,0	6,3
Республика Чечня*	-	-
Республика Ингушетия*	-	-
Республика Северная Осетия-Алания	923,4	0,4
Республика Кабардино-Балкария	861,8	0,1
Республика Карачаево-Черкессия	323,8	0,1
Республика Адыгея	32,5	0,06
Краснодарский край	2542,5	1,0
Ставропольский край	33,6	0,08
Северный Кавказ, в целом	14842,4	8,1

* - сведения о валовом муниципальном продукте и стоимости основных фондов отсутствуют, оценки риска не производились

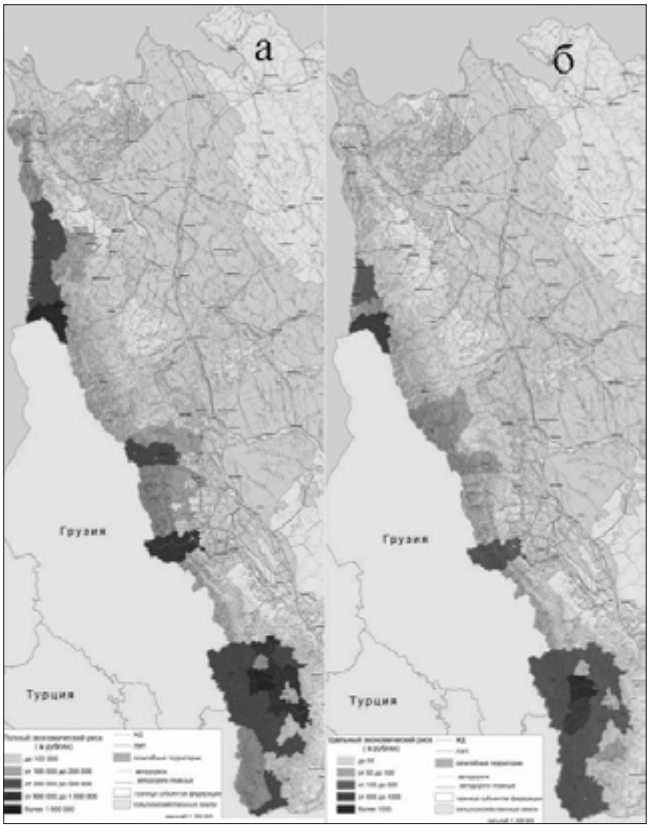


Рисунок 1. Экономический селевой риск на Северном Кавказе.
а – полный, б – удельный.

На региональном уровне, наибольший полный экономический риск селевых потоков характерен для республики Дагестан (более 10 млн. руб. в год) и Краснодарского края (более 2,5 млн. руб. в год). При этом в Шамильском районе республики Дагестан отмечается абсолютный максимум экономического риска селей - более 2,7 млн. руб. в год для исследуемой территории, а в Краснодарском крае наибольший полный экономический риск селевых потоков отмечается в Адлерском районе (более 1,1 млн. руб. в год). В 5 районах Дагестана полный экономический риск превышает 500 тыс. руб. в год – Ботлихском, Гунибском, Левашинском, Унцукульском и Хунзахском. Следует также отметить Алагирский район республики Северная Осетия – Алания, в котором значения полного экономического риска

(671 тыс. руб. в год) значительно превышают этот показатель по соседним муниципальным образованиям.

В республике Адыгея значение полного экономического риска составляет 32 тыс. руб. в год и является минимальными для республик Северного Кавказа. В Карачаево-Черкессии он составляет 300 тыс. руб., в год, а в Кабардино-Балкарии – более 800 тыс. руб. в год.

Распределение удельного экономического риска в целом повторяет распределение полного экономического риска – максимальное значение более 1 тыс. руб./км^2 наблюдается в Шамильском районе республики Дагестан, за ним следует Адлерский район - 660 руб./км^2.

Разработанная методика оценки полного и удельного экономического риска селевых потоков позволила рассчитать эти значения для всех муниципальных образований Северного Кавказа и оценить ущерб, который может быть причинен в экономическом эквиваленте, что позволит учитывать возможный ущерб от селевых потоков при планировании освоения территорий.

Работа выполнена при финансовой поддержке Госконтракта Минобрнауки №14.515.11.0009 и договора №11.G34.31.0007.

Литература

1. Гаврилова С.А., Грязнова В.В., Данилина А.В., Шныпарков А.Л. Анализ распределения чрезвычайных ситуаций природного характера в конце XX – начале XXI века на территории России. //Геориск. 2011. №4, с.58-64
2. Белая Н.Л. Режим селевых явлений Земного Шара как объект моделирования на базе климатической информации. //Материалы гляциологических исследований. 2004. Вып. 96, с.152-158.
3. Карта селевых бассейнов Северного Кавказа. Масштаб 1:200 000. Сост. под рук. В.Ф.Перова. 2010. //Фонды НИЛ снежных лавин и селей.
4. Курбатова А.С., Мягков С.М., Шныпарков А.Л. Природный риск для городов России. –М.: НИиПИ экологии города. 1997. -240с.
5. Мягков С.М., Шныпарков А.Л. Концепция риска. //Раздел монографии «Природа, общество и окружающая среда». –М.: Изд-во «Городец». 2004. Т.4. С.265-274.
6. Мягков С.М. География природного риска. М.: Изд-во МГУ, 1995. –222с.
7. Селеопасные районы Советского Союза. Под ред. С.М.Флейшмана и В.Ф.Перова. –М.: Изд-во Моск. ун-та. 1976. -308с.
8.Селиверстов Ю.Г., Шныпарков А.Л., Глазовская Т.Г. Оценка лавинного риска для населения горных районов России. //Лёд и снег. 2010. Вып. 4 (112). С. 41–44.
9. Шныпарков А.Л., Колтерманн П.К., Селиверстов Ю.Г., Сократов С.А., Перов В.Ф. Селевой риск на Черноморском побережье Кавказа. //Вестник Московского университета. Серия 5. География, 2013. № 3, с. 42-48.
10. Seliverstov Yu., Glazovskaya T., Shnyparkov A., Vilchek Ya., Sergeeva K., Martynov A.. Assessment and mapping of snow avalanche risk in Russia. //Annals of Glaciology. 2008. № 49, pp.205-209.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ И СОЦИАЛЬНЫЙ СЕЛЕВОЙ РИСК НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ КАВКАЗА

Бабурин В.Л., Гаврилова С.А., Селиверстов Ю.Г., Сократов С.А., Шныпарков А.Л.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия

Среди экзогенных процессов, распространённых на Черноморском побережье, селевые потоки являются наиболее частыми и разрушительными опасными природными процессами. Ежегодно отмечаются сходы селевых потоков на побережье Чёрного моря от г. Новороссийска до Адлера (включая верховья р. Мзымта), приносящие значительные экономические ущербы, а в некоторых случаях вызывающие жертвы среди населения. Оценка экономического и социального селевого риска основана на учёте распространения, повторяемости, режима селевых потоков, а также экономических и социальных показателей исследуемых территорий. Оценка индивидуального селевого риска для Черноморского побережья Кавказа показала, что его уровень характеризуется допустимыми и приемлемыми значениями — менее $3{,}3\times10^{-6}$, а коллективный селевой риск равен менее 1 жертвы за год. Наибольшие значения экономического селевого риска характерны для Адлерского района — более 1 млн. рублей в год.

Ключевые слова: Кавказ, риск, селевые потоки, Черноморское побережье.

ECONOMIC AND SOCIAL DEBRIS FLOWS RISK AT THE BLACK SEA COASTAL REGION OF THE CAUCASUS

Baburin V.L., Gavrilova S.A., Seliverstov Yu.G., Sokratov S.A., Shnyparkov A.L.

Moscow State University named by M.V. Lomonosov, Geographical Faculty, Moscow, Russia

Debris flows are the most frequent and most destructive natural hazards among the exogenous processes at the Black Sea coastal region of the Caucasus. The debris flows releases are repeated annually at the Black Sea coast from Novorossiysk to the Adler region (including the upper reaches of the Mzymta river), bringing serious economic damages and sometimes the life losses. The estimation of the economic and social risk is based on the distribution, repentance, regime of the debris flows, as well as on the economic and social characteristics of the studied territories. It was found that the level of the individual risk correspond to allowable and acceptable degrees – less than $3.3\times10-6$, and the collective risk is less than 1 victim per year. The largest values of the economic risk were found for the Adler region – more than 1 M. rub. per year.

Key words: Black Sea coast, the Caucasus, debris flows, risk.

Условия формирования селей на Черноморском побережье Кавказа

Условия формирования селевых потоков на Черноморском побережье Кавказа, а также активность и интенсивность селевой деятельности определяется климатическими, орографическими, литологическими и геоботаническими условиями.

Климатические условия Черноморского побережья Кавказа характеризуются довольно высокими среднегодовыми температурами воздуха: от 3,7°С (ГМС Ачишхо) до 13,8°С (ГМС Лазаревское). В течение года самая высокая средняя температура воздуха отмечается в июле–августе, а самая низкая – в январе. Продолжительный период с положительными температурами воздуха формирует благоприятные условия для длительного селеопасного периода. В низкогорье формирование селевых потоков возможно до 10 – 11 месяцев в году, в среднегорье – 7 – 9 месяцев, а в высокогорье – до 6 – 7 месяцев. Продолжительность основного селеопасного периода (период, когда формируется до 90% всех селевых потоков) составляет соответственно 9, 5 и 4 месяца. Большое количество оттепелей в течение зимнего периода на фоне высоких температур воздуха с высокой вероятностью выпадения жидких осадков на снежный покров в среднегорье и высокогорье создаёт благоприятные условия для образования водоснежных потоков, или снеговых селей.

Ведущую роль в интенсивности селевых процессов играют жидкие осадки. На Черно-

морском побережье Кавказа отмечается увеличение осадков, в т.ч. в жидком виде, вдоль побережья от г. Новороссийска (724 мм) до г. Адлера (1377 мм), в верховьях долины р. Мзымта выпадает свыше 3200 мм осадков (м/с Ачишхо). Максимум осадков приходится на зимний период с ноября по март, когда в отдельных районах выпадает до 60–70% годовой нормы. В течение года неоднократно отмечается выпадение обильных осадков с высокой интенсивностью. На побережье ежегодно отмечаются ливни с интенсивностью более 30 мм в сутки, а в высокогорье с интенсивностью 100 мм и более в сутки. Экстремально высокая интенсивность осадков в минуту отмечается обычно в июне-августе, что связано, в частности, с выходом водяных смерчей на сушу, которые играют немаловажную роль в формировании селевых явлений на Черноморском побережье Кавказа (Баринов, 2009).

В формировании селевых явлений огромную роль играет антропогенная деятельность, которая способствует интенсификации формирования селей. Особенно это касается территорий в районе Новороссийска и верховьев р. Мзымта, участков строительства Олимпийских объектов, где нередко производились отвалы пород в русла рек при освоении карьерных разработок и строительства зданий и сооружений. В районе гг. Туапсе и Сочи активизация селевых явлений связана со сплошными рубками леса, как правило, не сопровождающимися необходимыми рекультивационными мероприятиями (Сократов и др., 2013).

Оценка социального риска

Оценка социального (индивидуального и коллективного) селевого риска выполнялась на основе метода предложенного В.А. Ёлкиным (2004) для оценки индивидуального и коллективного рисков карста. Эта методика была слегка изменена и адаптирована для оценки индивидуального и коллективного лавинного риска в мелком масштабе (Seliverstov et. al, 2008). Для среднего масштаба, в котором оценивается социальный селевой риск на Черноморском побережье Кавказа, дополнительно учитывалась заселённая площадь.

Оценка социального селевого риска производилась в масштабе 1:200 000. На карте были выделены бассейны водотоков. Полевые обследования Черноморского побережья Кавказа от г. Новороссийска до г. Адлера позволили выделить 118 бассейнов, в которых возможно формирование селевых потоков различных типов. Для каждого из бассейнов были рассчитаны его морфометрические параметры (площади, уклоны, поражённость селевыми явлениями), характеристика селевой деятельности (повторяемость), выполнена оценка численности населения, его плотности и заселённости, которые были сведены в единую базу данных.

Повторяемость селевых потоков определялась по научным публикациям, характеризующим этот показатель селевой деятельности на региональном уровне. Показатели продолжительности основного селеопасного периода были взяты из работы Н.Л. Белой (2004). Численность населения и его плотность оценивалась по данным переписи населения 2002 года (Всероссийская перепись…, 2002). Площадь заселённой территории оценивалась в период проведения полевых работ.

Результаты оценок социального селевого риска показали, что на территории Черноморского побережья Кавказа коллективный селевой риск равен 0,86 человека в год, т.е. в среднем за год от селевых потоков гибнет менее 1 человека. Уровень индивидуального селевого риска (Шныпарков и др., 2013) на Черноморском побережье Кавказа не превышает допустимого и в среднем для всего побережья составляет $3{,}3\times10^{-6}$ (рис. 1). Ни один из 118 бассейнов Черноморского побережья Кавказа не характеризуется неприемлемым уровнем индивидуального селевого риска. Около 65% всех бассейнов характеризуются допустимым уровнем риска, а остальные — приемлемым уровнем индивидуального селевого риска. Бассейны с допустимым уровнем риска сосредоточены на участках западнее г. Новороссийск, включая бассейны Абрау-Дюрсо и Широкую балку, в которых отмечались селевые потоки, в районе населённых пунктов Кабардинка и Геленджик. К бассейнам с допустимым

уровнем селевого риска относятся Джанхот, Хотецай, Бетта. Далее к юго-востоку полосой, начиная от р. Бжид до р. Шуюк практически все бассейны характеризуются допустимым уровнем индивидуального селевого риска. Следующий участок бассейнов с допустимым уровнем риска простирается от р. Куапсе до бассейна р. Битха, исключая такие бассейны как р. Шахе, Глубокая, балка Фоткина, Осохой. Далее на юг допустимый уровень индивидуального селевого риска отмечается от р. Сочи до р. Херота, исключая бассейн р. Агура. Все остальные выделенные бассейны, включая долины рек Мзымта и Псоу в их нижнем течении, характеризуются приемлемым уровнем индивидуального селевого риска.

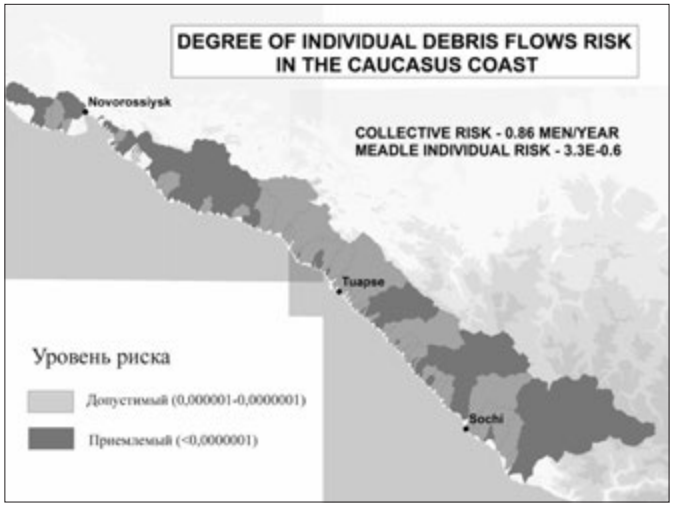


Рисунок 1. Индивидуальный селевой риск на Черноморском побережье Кавказа.

Оценка экономического риска

Оценка экономического риска селевых потоков выполнялась в среднем масштабе, и за основу экономических показателей был взят условный валовый муниципальный продукт на уровне административных районов. Для его расчёта была использована специальная авторская методика, т.к. значения валового муниципального продукта в организациях статистики в Российской Федерации отсутствует.

Постулируя, что воздействие локальных опасных природных явлений, таких как селевые потоки, на территориальную природно-хозяйственную систему муниципального уровня носит площадной характер, единая территориальная система, вне зависимости от того, какой из элементов или связей затронуты неблагоприятными и опасными природными явлениями, реагирует на эти события как единое целое, а значит, социально-экономический потенциал может оцениваться не для локальных объектов, а для системы в целом.

Подобный подход позволяет в методическом плане не вести прямой учёт потенциально уязвимых объектов социальной и производственной инфраструктуры, а оценивать системные последствия селевых потоков. В этом случае вполне можно ограничиться набором агрегированных социально-экономических показателей для соответствующих административно-территориальных образований.

Суть подхода заключается в проведении итеративной процедуры получения суммарного значения экономической деятельности в муниципальных образованиях (или условный валовой муниципальный продукт) в стоимостном выражении.

Экономический селевой риск (рис. 2) на Черноморском побережье Кавказа характеризуется довольно большими величинами. Наибольшие его значения характерны для Адлерского района, включая долину р. Мзымта. В этом муниципальном районе вероятность ущерба в год превышает 1 млн. руб. в год. С продвижением на север экономический селевой риск уменьшается, достигая наименьших значений в районе г. Новороссийска, где вероятность ущерба от селей оценивается от 100 до 250 тыс. руб. в год.

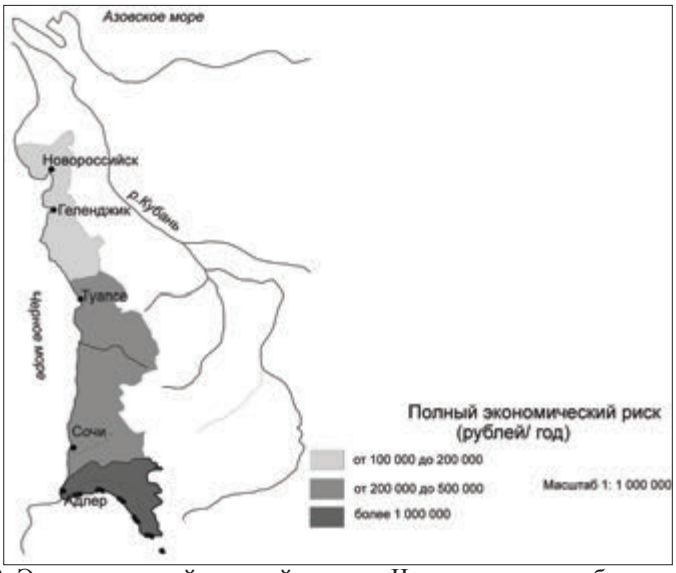


Рисунок 2. Экономический селевой риск на Черноморском побережье Кавказа.

В целом же экономический селевой риск на Черноморском побережье характеризуется довольно высокими значениями, при этом их значения для Адлерского района сравнимы с отдельными районами Республик Кабардино-Балкарии, Северной Осетии-Алании и Дагестана.

Заключение

На Черноморском побережье Кавказа возможны селевые явления трёх типов: грязекаменные, водокаменные и селевые паводки. Последние имеют практически повсеместное распространение. Характерно также формирование микроселей антропогенного происхождения. Основные причины образования селевых явлений интенсивные ливни и выходы водяных смерчей на сушу. Существенная роль в образовании селевых явлений в этом районе наряду с интенсивными ливнями принадлежит антропогенному воздействию. Оценка социального селевого риска на Черноморском побережье Кавказа показала, что его уровень характеризуется допустимым и приемлемым уровнем. Однако, значения экономического селевого риска весьма высоки, особенно в Адлерском районе.

Работа выполнена при финансовой поддержке Госконтракта Минобрнауки №14.515.11.0009 и договора №11.G34.31.0007.

Литература

1. Баринов А.Ю. Геоморфологическая оценка ливневой селеопасности Черноморского побережья России. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. к.г.н. Москва, 2009. 24 с.
2. Белая Н.Л. Режим селевых явлений земного шара как объект моделирования на базе климатической информации // МГИ, 2004, вып. 96, С. 152–158.
3. Всероссийская перепись населения 2002 г. Федеральная служба государственной статистики, 2004. http://www.perepis2002.ru
4. Ёлкин В.А. Региональная оценка карстовой опасности и риска (на примере Республики Татарстан). Автореф. дисс. на соиск. учен. ст. канд. геол.-минер. наук. Москва, 2004. 27 с.
5. Сократов С.А., Селиверстов Ю.Г., Шныпарков А.Л., Колтерманн К.П. Антропогенное влияние на лавинную и селевую активность // Лёд и снег, 2013, №2(122), С. 121–128.
6. Шныпарков А.Л., Колтерманн К.П., Селиверстов Ю.Г., Сократов С.А., Перов В.Ф. Селевой риск на Черноморском побережье Кавказа // Георискс, 2013, №4, с.20-25.
7. Seliverstov Y., Glazovskaya T., Vilchek Y., Shnyparkov A., Sergeeva K., Martynov A. Assessment and mapping of snow avalanche risk in Russia // Annals of Glaciology, 2008, 49, P. 205–209.

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗ СЕЛЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В КАМЧАТСКОЙ ДОЛИНЕ ГЕЙЗЕРОВ НА ОСНОВЕ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

[1]Двигало В.Н., [1,2]Свирид И.Ю., [1,2]Шевченко А.В., [3]Жарков Р.В.

[1]Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия
[2]Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, Петропавловск-Камчатский, Россия
[3]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

За последние 33 года на территории Камчатской Долины Гейзеров произошло 3 селя: 04.10.1981 г., 03.06.2007 г. и 3-4.01.2014 г. В настоящей работе приводятся их морфометрические параметры. Показано, что одним из авторов сель 3-4.01.2014 г. был совершенно точно предсказан по месту образования. Выявлена недооценка опасности обвально-оползневых и селевых процессов в Долине Гейзеров: в случае присутствия людей на подвергнувшихся воздействию селя 3-4.01.2014 г. пешеходных маршрутах, их гибель была бы неминуема. Установлено, что в настоящее время угрозу селевой опасности с крайне высоким риском фатальных последствий для туристов представляет новое подпрудное озеро, образованное в результате перегораживания р. Гейзерной обвальными отложениями 3-4.01.2014 г.

Ключевые слова: Камчатская Долина Гейзеров.

MUD FLOWS IN THE KAMCHATKAN VALLEY OF GEYSERS: MONITORING AND PREDICTION BASED ON PHOTOGRAMMETRIC RESEARCH

[1]Dvigalo V.N., [1,2]Svirid I.Yu, [1,2]Shevchenko A.V., [3]Jarkov R.V.

[1] Institute of volcanology and seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia
[2] Vitus Bering Kamchatka state university , Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia
[3] Institute of marine geology and geophysics FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Over the past 33 years three mudflows have occurred at the Valley of Geysers in Kamchatka: October, 4, 1981; June, 3, 2007 and January, 3-4, 2014. The paper presents the morphometric parameters of these mudflows. One of the authors has made a precise prediction of the place of formation of the January, 3-4, 2014 mudflow. The article shows that collapse-landslide and mudflow hazard in the Valley of Geysers is underestimated: if people were on the walking rout, that was covered with the January, 3-4, 2014 mudflow, fatalities would have been inevitable. Authors detect that at the present time the most hazardous is the new dammed lake, which was formed by the damming of Geysernaya river with the January, 3-4, 2014 mudflow deposits. The risk of fatalities for the tourists becomes very high.

Key words: Kamchatkan Valley of Geysers.

Введение

Камчатская Долина Гейзеров – уникальный природный объект, расположенный в восточной части Узон-Гейзерной депрессии, – подвержена интенсивному воздействию активных геоморфологических процессов. Склоны Долины сформированы, главным образом, отложениями многочисленных обвалов и оползней. Инструментальные исследования таких событий, происходивших в историческое время, производились лабораторией геодезии ИВ ДВНЦ АН СССР – ныне лабораторией геодезии и дистанционных методов исследования ИВиС ДВО РАН посредством аэрофотограмметрического метода. Ниже приводятся результаты этих исследований.

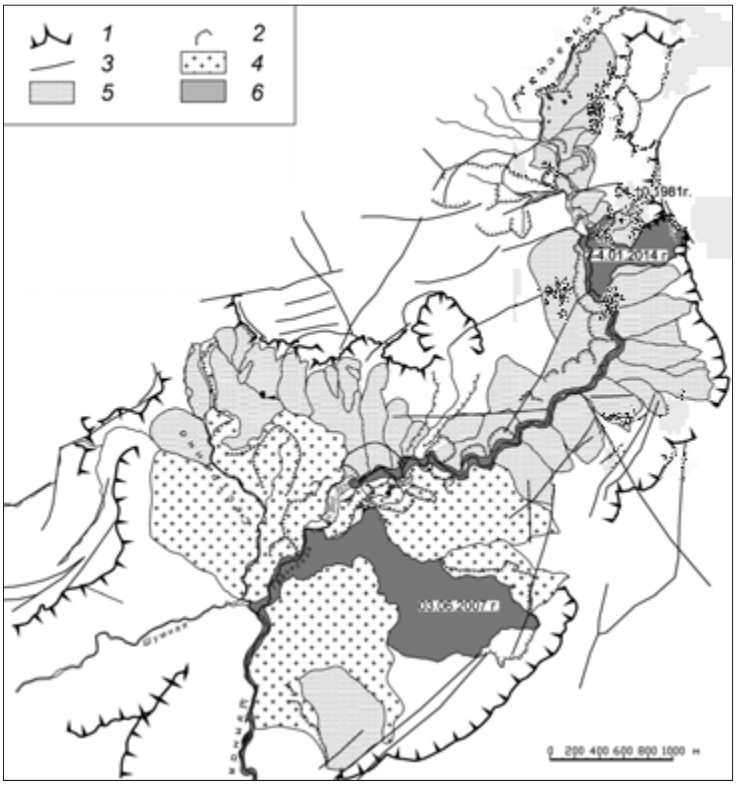


Рисунок 1. Обвальные и обвально-оползневые формы Долины Гейзеров.
1-2 – кромки гравитационных обрушений первого и второго порядка, *3* – выраженные в рельефе тектонические нарушения, *4* – тела аллохтонов доисторического возраста, определенные И.В. Мелекесцевым [1], *5-6* – зоны обвалов, обвало-оползней и селей доисторического (*5*) и исторического (*6*) возраста.

Оползень и сель, вызванные тайфуном эльза 4.10.1981 г.

Интенсифицировавшимися под воздействием тайфуна гравитационными процессами был затронут небольшой участок склона, расположенный в южном секторе Верхнегейзерных источников (рис. 1) в пределах высот от 710 до 790 м, имевший ширину от 60 до 95 м. Оползневые массы, отложившиеся ниже по склону на высотах от 710 до 640 м в полосе шириной до 100 м и на расстоянии до 300 м от поверхности отрыва, перегородили русло р. Гейзерной, но практически сразу были размыты. Из захваченного бурным потоком переполнившейся во время тайфуна реки материала фронтальной части отложений образовался грязекаменный поток. Он прошел по руслу реки вплоть до ее устья и впервые после открытия Долины Гейзеров (1941 г.) причинил небольшой ущерб некоторым горячим источникам (Малахитовый грот и др.), расположенным в прирусловой зоне. Площадь сохранившейся части отложений (в плане) – 28600 м^2, объем – 80000 м^3 [1]. Объем вынесенных в виде грязекаменного потока оползневых масс составляет не менее 20000 м^3.

Катастрофические события 03.06.2007 г.

В 14:20 03.06.2007 г. с ЮВ борта Долины сошел крупный обвало-оползень, вызвавший кардинальные изменения природной обстановки, а также уничтоживший некоторые объекты инфраструктуры Кроноцкого государственного биосферного заповедника (КГБЗ).

Аэрофотосъемка последствий обвало-оползня выполнена 07.07.2007 г. Стерео и цифровые модели рельефа (ЦМР) подстилающей поверхности составлены по аэрофотоснимкам 16.08.1993 г. В результате обработки фотоснимков было установлено, что из перемещенного гравитационными процессами материала при обрушении были сформированы две геоморфологические единицы: обвально-оползневые отложения и аллохтон.

Сложно построенный комплекс грубообломочных отложений мощностью до 70 м образован из фрагментов хребтов верховий руч. Водопадный. Часть обвально-оползневого материала переместилась по течению ручьев и рек: сначала по руслу руч. Водопадный, затем по р. Гейзерной вплоть до ее впадения в Шумную, пройдя в итоге 2,7 км с образованием селя, отложения которого отчетливо определяются ниже (по течению р. Шумной) обвально-оползневых отложений на протяжении еще 3 км.

На заключительной стадии обрушения сполз крупный аллохтон (по горизонтали – на 337 м, по высоте – на 126 м), затормозившийся при столкновении с крупноглыбовыми отложениями только что обвалившихся масс. Образование аллохтона спасло Долину Гейзеров от полного уничтожения. Если бы почти 5 млн. м^3 его пород не сползли, остановившись в виде единого блока, а обрушились и скатились бы по выровненной предшествующими обвальными процессами поверхности, то отложениями мощностью в первые десятки метров оказались бы погребены как наиболее посещаемые гейзеры, так и здания КГБЗ вместе с находившимися в них людьми.

Оползневые массы перекрыли русло р. Гейзерная, что привело к образованию в центральной части Долины подпрудного озера, размеры которого к 12.07.2007 достигли 950×122 м (S=124600 м^2), глубина – до 27 м. К концу этого дня плотина стала размываться с образованием новых грязевых потоков. Роль процессов размыва была скорее созидательной, нежели разрушительной, так как благодаря им на поверхности отложений сформировалось новое русло р. Гейзерной. К дате аэрофотосъемки (12.07.2007 г.) размеры озера уменьшились до 930×105 м, площадь – до 76100 м^2.

Общий объем перемещенных пород составил 21 млн. м^3. Из них на отложения селя в русле р. Шумная приходится около 300000 м^3.

При просмотре стереомоделей, построенных по аэроснимкам 1970-х гг., в тыловой части будущего обвального цирка были распознаны совпадающие с верхней границей амфитеатра событий 03.06.2007 г. хорошо выраженные зияющие трещины, что свидетельствует о долговременной (десятки лет) подготовке обрушения. Использование этого факта позволило осуществить успешный прогноз: в работе [1] в качестве наиболее вероятного места будущего обрушения был указан участок обвало-оползня 3-4.01.2014 г. расположенный в 500 м к Ю-В от верхней кромки линии отрыва оползня 1981 г.

Обвало-оползень и сель 3-4.01.2014 г. Предварительные данные

Последствия этого события были обнаружены 06.01.2014 г. во время вертолетной экскурсии в Долину. Его предположительные даты – 3 или 4 января - установлены по доступным мелкомасштабным космическим снимкам. При облете 28 апреля 2014 г. волонтером А. Безотечество были сделаны плановые снимки зоны обрушения и отложений, переданные администрацией КГБЗ в ИВиС. Съемка производилась ручной цифровой камерой Nikon D4 с объективом f=16 мм, обладающим значительной не подлежащей учету (вследствие отсутствия калибровки) дисторсией. По этой причине построение ориентированных стерефотограмметрических моделей оказалось возможным при использовании только центральных частей снимков, в пределах которых геометрические искажения были минимальными. Внешнее ориентирование осуществлялось с использованием координат точно опознанных точек на ориентированных моделях 1993 и 2007 гг.

В результате было установлено, что обрушение произошло по тыловой трещине отседания, как и предполагалось в работе [1]. Длина линии отрыва обвалившегося блока – 482 м. Площадь верхней поверхности блока, расположенной до обрушения на высотах от 960 м до 980 м – 18250 м^2. Высота блока от 200 до 220 м, нижняя граница обрушенной массы склона расположена на высотах около 760 м. Объем обвалившейся части борта Долины

составил 2,85 млн. м^3. Большая часть отложений материала обрушений (около 2,0 млн. м^3) разместилась на площади 0,27 км^2 в пределах от 80 м от основания поверхности отрыва до правого борта реки Гейзерная, пройдя расстояние в среднем около 850 м. Река Гейзерная оказалась перекрытой фронтальной частью оползня на протяжении 700 м ее русла. Максимальная мощность отложений над руслом составила 22 м.

Остальная часть отложений (не менее 1 млн. м^3) стала основой для образования грязевого потока, чему способствовало наличие мощного снежного покрова. К сожалению, в день аэрофотосъемки большая часть Долины еще не освободилась от свежего снега, перекрывавшего селевые отложения так, что их граница не может быть четко выделена. Тем не менее, установлено, что грязевой поток прошел по дну долины реки Гейзерной 4,5 км от фронтальной части отложений обвало-оползня вплоть до подпрудного озера образованного в 2007 г., где и был заторможен его водами. Северо-восточная половина дна этого озера оказалась полностью покрыта отложениями селя, под воздействием которого часть воды озера была вытеснена в новое русло р. Гейзерной. Подпрудное озеро 2007 г. сократилось почти вдвое. Его размеры на 28.04.2014 г. – 474×83 м, площадь – 40460 м^2. Сель представлял серьезную опасность для людей. Пройдя 4,5 км с перепадом высот в 200 м селевые массы развили такую скорость, что высота заплесков, следы которых хорошо видны на свободных от снега участках бортов Долины, достигала 15 м. Грязевой поток перехлестнул через площадку гейзера Великан, нарушив его обычную деятельность, и полностью уничтожил смотровые площадки, расположенные на обоих берегах р. Гейзерной.

Выше новообразованной плотины, имеющей высоту до 22 м и перекрывшей 700 м русла р. Гейзерной, возникло новое подпрудное озеро. Во время съемки 28.04.2014 г. поверхность льда, покрывающего воды этого озера находилась на высоте 665 м – на 1,5 м ниже самой низкой точки плотины. Площадь поверхности озера была равна 43100 м^2, наибольшая глубина вблизи плотины – 20 м, объем воды в озере – 258500 м^3. При бурном таянии снега возможно повышение уровня воды в озере на 1,5 м, а объема накопленной воды – до 330000 м^3. Маловероятно, что такой объем воды способен мгновенно разрушить плотину протяженностью 700 м, но опасность возникновения нового мощного селя сохраняется за счет того, что как раз над озером нависает блок, объемом в 4 раза превышающий обрушившийся 3-4.01.2014 г., и так же подрезаный трещиной отседания. Обрушение этого блока в новое подпрудное озеро, если оно сохранится к тому времени, может привести к фатальным последствиям для посетителей Долины.

Заключение

Накопленный опыт позволяет авторам оценить опасность гравитационных обрушений в Долине Гейзеров, а также – их предсказуемость. К сожалению, необходимый для предсказания времени таких событий наземный мониторинг (согласно ГОСТ Р 22.1.06-99) не производился и не производится по сей день, несмотря на то, что гравитационные процессы представляют серьезную угрозу для туристов. По мнению авторов, Долину следует закрыть для посещений до тех пор, пока они не будут организован в полном объеме и в соответствии с действующими нормативами. Первоочередной мерой для снижения риска, а также сохранения уникальных природных объектов Долины, должен быть принудительный контролируемый спуск нового подпрудного озера.

Литература

Двигало В.Н., Мелекесцев И.В. Геолого-геоморфологические последствия катастрофических обвальных и обвально-оползневых процессов в Камчатской Долине Гейзеров (по данным аэрофотограмметрии) // Вулканология и сейсмология. 2009. №5. С. 24-37.

МЕТОДИКА КАРТИРОВАНИЯ СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ И РЕГИОНАЛЬНОЙ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ГЕОРИСКА (НА ПРИМЕРЕ СРЕДНЕЙ ЧАСТИ ДОЛИНЫ Р. ЯХСУ ТАДЖИКИСТАН)

Зеркаль О.В.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, Москва, Россия

Среднегорье левого борта в средней части долины р.Яхсу (западный макросклон хр. Хазратишо и хр.Тиряй) в пределах юго-восточной части Таджикской депрессии характеризуется широким развитием селевых процессов, являющихся источниками более 47% от общего числа ЧС природного характера в регионе. Для рассматриваемой территории на основе картирования селевой опасности «методом ущербов» с использованием пространственного анализа была проведена региональная количественная оценка геологического риска.

Ключевые слова: селевая опасность, количественная оценка риска, ГИС.

PROCEDURE OF DEBRIS FLOW HAZARDS MAPPING AND REGIONAL QUANTITATIVE GEO-RISK ASSESSMENT (ON AN EXAMPLE OF MIDDLE PART OF THE VALLEY OF JAKHSU RIVER, TAJIKISTAN)

Zerkal O.V.

Moscow State University named by M.V. Lomonosov, Geological Faculty, Moscow, Russia

Study area is the left side in the middle part of the Yakhsu-river valley (western macroslope of the ridge Hazratisho and the ridge Tiryay) inside of south-east part of the Tajik depression. Region is characterized by the extensive development of mudflow processes that generate more than 47% of the total number of natural disasters. Debris flow hazard mapping using using GIS and subsequent quantitative assessment of regional geological risk were carried for considered territory.

Keywords: debris flow hazard, quantitative risk assessment, GIS.

Введение

Таджикистан – страна, территория которой более чем на 90% занята горными системами. Из-за географических особенностей, Таджикистан является одной из стран, наиболее подверженных стихийным бедствиям, обусловленных, в первую очередь, развитием природных (геологических, гидрометеорологических) процессов. Одними из преобладающих опасных природных процессов региона являются сели. Для рассматриваемой территории в пределах юго-восточной части Таджикской депрессии, охватывающей западные склоны хр. Хазратишо и хр. Тиряй в средней левобережной части долины р. Яхсу с площадью порядка 950 км^2, селевые процессы являются источниками более 47% от общего числа чрезвычайных ситуаций природного характера. По данным ИАЦ КЧС и ГО ПРТ в результате прохождения селевых потоков за последний 15-летний период были полностью разрушены более 50 сооружений, пострадало более 830 зданий, размыты или перекрыты автодороги на более 30 участках [4]. Высокая повторяемость и масштабность формирующихся селевых потоков обусловила необходимость картирования селевой опасности и региональной количественной оценки геологического риска, выполненной в составе проекта, реализованного в рамках Программы ООН по Управлению рисками стихийных бедствий (UNDP DRMP).

Природные условия

Территория работ располагается в пределах западного макросклона хр. Хазратишо, представляющего левый борт долины р. Яхсу. В южном направлении хр. Хазратишо переходит в хр.

Тиряй, постепенно снижаясь с 1650 м до 1200 м. Среднегорный рельеф разбивается крупными саями и урочищами на серию отрогов, наиболее крупным из которых является хр. Долона. В пределах долины р. Яхсу, ориентированной преимущественно субмеридианально, абсолютные отметки рельефа составляют 1160 м в северной части района, снижаясь до 490 м в южной его части. Непосредственно в борту долины р. Яхсу хорошо прослеживается серия геоморфологических поверхностей, представляющих собой «лестницу террас».

В целом, рельеф территории может быть охарактеризован как достаточно контрастный. Склоны крутизной более 30° (до 54° и более) занимают около 1,5% площади района, а крутизной 20°-30° – более 9,5%. Поверхности с уклонами 10°-20° составляют порядка 34%, а практически ровные поверхности с уклонами до 1° занимают около 4,6% территории. Остальные поверхности (более 50,4% площади), имеют уклоны от 2° до 10°. Суммарная протяженность постоянных естественных водотоков на рассматриваемой территории превышает 162 км, а временных водотоков – более 337,5 км. Таким образом, плотность естественной эрозионной сети составляет более 0,52 км/км^2.

Среднегодовые значения температур колеблются от 9,8 °С (1964) до 14,2 °С (2001) при среднемноголетнем значении 12,6 °С. Величины годовых сумм осадков имеют существенный размах от 519 мм в год (2002) до 1224 мм в год (1991) при среднемноголетнем значении 832 мм. При анализе цикличности климата обращает на себя внимание хорошо прослеживаемая 22-летняя периодичность (повторяемость 0,04545) лет с пиковыми значениями выпадения осадков. Вместе с тем, менее четкая периодичность имеет 11-летний цикл (повторяемость 0,0909), а также прослеживаются периоды с 5-6-летним циклом (повторяемость 0,1818). К периодам интенсивного выпадения осадков тяготеют и периоды активизации селевых процессов.

Геологически рассматриваемая территория располагается в пределах Кулябской мегасинклинали и характеризуется развитием неогеновых и четвертичных отложений. Неоген-четвертичные образования формируют верхний тектонический этаж, надвинутый в виде тектонической пластины в восточном направлении на верхнемеловые отложения. Зона тектонического контакта, характеризующаяся современной высокой сейсмичностью, прослеживается непосредственно восточнее границ территории работ. Неогеновые отложения преимущественно представлены образованиями молассовой формации – конгломератами, гравелитами, песчаниками, алевролитами. Горизонты слабосцементированных валунно-галечниковых конгломератов легко разрушаются при выветривании и являются источником обломочного материала для селевых потоков. Четвертичные отложения представлены в долинах и руслах рек валунно-галечной толщей аллювиально-пролювиального генезиса, в предгорной зоне - толщей лессов и лессовидных суглинков, а также делювиально-пролювиальными образованиями конусов выноса вдоль бортов долин, которые также нередко выступают источником обломочного материала при прохождении селей.

Методика картирования селевой опасности

На современном этапе может быть выделено несколько подходов к картированию геологических опасностей [2]. Один из методов подготовки «карт опасности», нередко применяемом и в отечественной практике, является во многом не обоснованное, простое переименование традиционно составляемых инвентаризационных (кадастровых) карт развития проявлений опасных геологических процессов (в отечественной практике - карт пораженности территории ОГП) в «карты опасности». Вместе с тем, понятие «опасность» при его использовании в риск-анализе, в т.ч. анализе геологических рисков, в обязательном порядке включает в себя не только пространственные показатели развития геологических процессов как характеристик геометрической вероятности поражения того или иного объекта, но и учет повторяемости ОГП в качестве величины временнóй вероятности поражения объекта [1]. Таким образом, более обоснованным при проведении работ по оценку геологических рисков является составление картографических материалов, содержащих оба исходных параметра, требуемых для выполнения риск-анализа –пространственного (геометрического)

и временнóго [3]. Именно такого рода картографические материалы и могут определяться как «карты опасности». Наиболее успешно составление карт опасности, в т.ч. карт селевой опасности, может быть выполнено с использованием ГИС-технологий, позволяющих, с одной стороны, отображать пространственную информацию (очаги зарождения, зоны транзита, участки накопления), а, с другой стороны, включать сведения (в количественном виде) о повторяемости схода селевых потоков (с учетом масштабности) в атрибутивные таблицы, сопровождающие пространственные данные [3].

Составление «Карты селевой опасности» (рис. 1) для рассматриваемого района проводилось на основании тематического дешифрирования разновременных данных дистанционного зондирования с последующей полевой заверкой полученной информации. Обработанный комплект ДДЗ включал материалы космических съемок, полученных с использованием КА Landsat (периоды съемки - 1975, 1982, 1990, 1998, 2001, 2006, 2009, 2010), Aster (2006, 2010), Alos (2010). Временные показатели развития селевых процессов в составе электронной Карты селевой опасности также уточнялись и дополнялись с использованием данных Службы режимных наблюдений за развитием опасных геологических процессов ГлавГеологии РТ, осуществлявшей мониторинг селевых процессов на рассматриваемой территории с 1969 г.

Рисунок 1. Фрагмент карты селевой опасности.

Оценка геологического риска воздействия селевых процессов

Оценка геологического риска включает в себя, помимо анализа геологической опасности (в виде пространственного (геометрического) и временнóго негативного воздействия), учет уязвимости объекта к воздействию опасности. Также важной характеристикой оцениваемого объекта является его экономическая ценность (при оценке риска в денежном выражении или % стоимости) или его социальная значимость (при оценке социального риска). В качестве объектов-»реципиентов риска» (объектов, подвергающихся воздействию опасности) при региональной количественной оценке риска воздействия селевых процессов были выбраны населенные пункты. Экономическая уязвимость территорий населенных пунктов характеризовалась через стоимость отдельных домохозяйств, расположенных в зоне потенциального воздействия селевых потоков (показатель геометрической вероятности поражения) различной масштабности и повторяемости (показатель временнóй вероятности поражения). Социальная уязвимость оценивалась индивидуально для каждого из населенных пунктов через численность жителей в отдельном домохозяйстве (рассчитывалось как отношение общего числа проживающих в населенном пункте к общему числу домохозяйств в его пределах). На значение экономической и социальной уязвимости влияло наличие/отсутствие сооружений инженерной защиты на территории населенного пункта и их состояние. Пространственная информация о техногенных объектах, величины, характеризующие количественные и стоимостные показатели, а также численность проживающих в населенных пунктах была представлена в виде электронной карты освоенности территории с количественными значениями в составе атрибутивной таблицы. Для оценки уязвимости (экономи-

ческой и социальной) населенных пунктов (как объектов воздействия селей) в пространстве было выполнено оверлейное наложение двух наборов электронно-картографических данных, первый из которых характеризовал населенные пункты, а второй - представлял собой электронную карту селевой опасности. В результате пространственного анализа были выделены зоны населенных пунктов с различным уровнем возможного воздействия селевых потоков и потенциальной повторяемости опасности с последующим расчетом геологического риска. Схема выполнения пространственного анализа при региональной оценке геологического риска показана на рисунке 2. Пример региональной количественной оценки риска воздействия селевых процессов в виде Карты социального риска, приведен на рисунке 3.

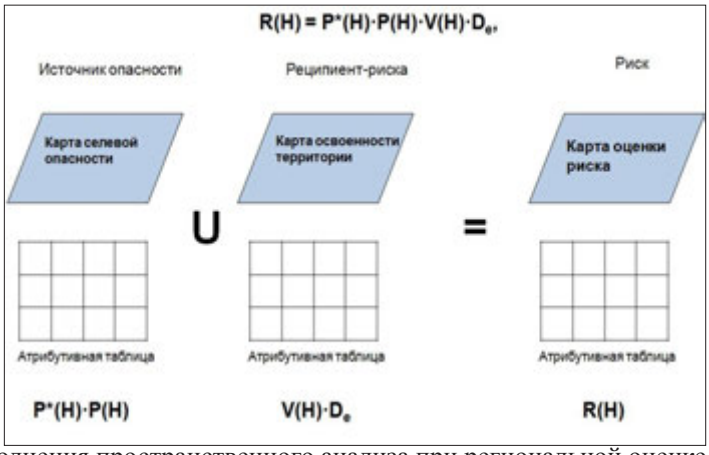


Рисунок 2. Схема выполнения пространственного анализа при региональной оценке геологического риска.

где Re(H) – риск от рассматриваемой геологической опасности (H); P(H) - повторяемость геологической опасности (H); Ps(H) – геометрическая вероятность поражения объекта в пространстве; Ve(H) - экономическая уязвимость объекта; De - стоимость объекта до его поражения.

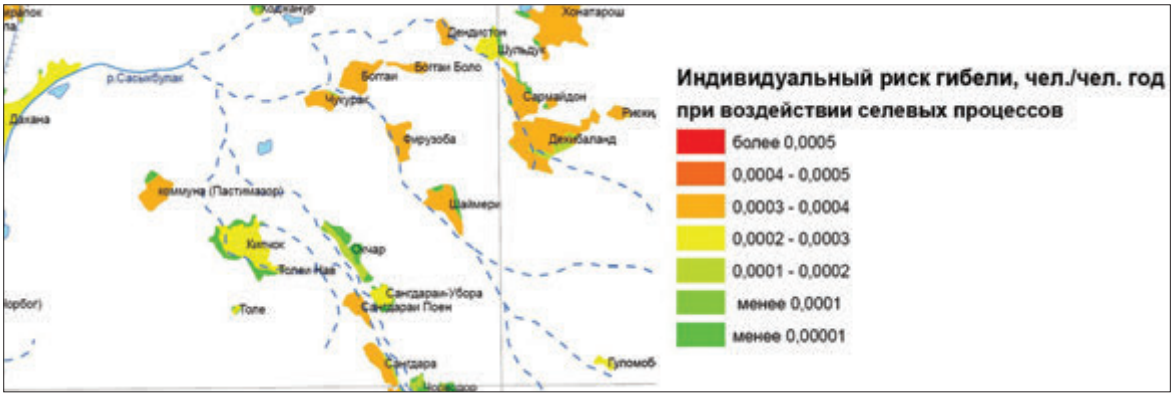


Рисунок 3. Фрагмент карты социального риска от воздействия селевых процессов.

Литература

1. Зеркаль О.В. Оценка геологических рисков в практике инженерных изысканий//Инженерные изыскания, 2009, №4, с. 40-43

2. Зеркаль О.В. О методике составления карт развития современных геологических процессов//Инженерная геология России. т. 2. Инженерная геодинамика России/под ред. В.Т.Трофимова, Э.В. Калинина. – М.: КДУ, 2013, с. 692-696

3. Руководство по региональной оценке риска стихийных бедствий на территории Республики Таджикистан/ Сост. О.В.Зеркаль, А.М.Шомахмадов, М.С.Саидов и др. – Душанбе: UNDP DRMP. – 2011. - 57 с.

4. Шомахмадов А.М., Саидов М.С. Отчет по обследованию угрожающих процессов в населенных пунктах, расположенных в бассейнах рек Кизилсу и Яхсу (регион Куляб Хатлонской области)//Сб. Тр. ИАЦ КЧС и ГО РТ, вып. №2. – Душанбе, 2010. – С. 273-296

УЩЕРБЫ ОТ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ ДЛЯ МАЛЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ О. САХАЛИН И РАСЧЕТ СЕЛЕВОГО РИСКА

Музыченко А.А., Казакова Е.Н.

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,
Сахалинский филиал, Южно-Сахалинск, Россия*

В работе приводятся данные об ущербах от селевых потоков для малых водохранилищ о. Сахалин, которые заключаются в заполнении чаши водохранилища селевой массой либо его заиливании. Приводится расчет селевого риска для малых водохранилищ о. Сахалин.

Ключевые слова: селевой поток, водохранилище, риск, Сахалин.

THE DAMAGE FROM DEBRIS FLOWS TO WATER RESERVOIRS OF SAKHALIN ISLAND AND DEBRIS FLOW RISK CALCULATION

Muzychenko A.A., Kazakova E.N.

Far East Geological institute FEB RAS, Sakhalin department, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

The paper presents data on damages from debris flows to water reservoirs of Sakhalin Island. The calculation of debris flow risk for water reservoirs was completed.

Key words: debris flow, water reservoir, risk, Sakhalin.

Введение

Селевые процессы имеют достаточно широкое распространение на о. Сахалин. Воздействию селей подвержены территории 30 населенных пунктов Сахалина, в т.ч. 7 городов, самыми селеопасными из которых являются г. Невельск, г. Холмск, г. Макаров. На о. Сахалин наиболее подвержены воздействию селевых потоков населенные пункты, расположенные у подножия морских террас (Холмский, Макаровский, Невельский районы), что связано с высокой частотой селеобразования в природных селевых комплексах, приуроченных к уступам морских аккумулятивных и абразионно-денудационных террас [3].

Несмотря на небольшие средние объемы селей на о. Сахалин (в большинстве случаев 500-1000 м^3), почти ежегодно сели причиняют населению и хозяйству острова ущерб, который в большинстве случаев выражается в завалах автомобильных и железных дорог. Кроме того, в ряде случаев селевыми потоками повреждались жилые дома в г. Макаров, г. Невельск и других населенных пунктах.

Еще один вид ущерба, причиняемого селевыми потоками на о. Сахалин, заключается в заносе или повреждении малых водохранилищ, расположенных на селеносных реках и ручьях. Даже если гидротехнические сооружения остаются неповрежденными, при сходе селя в водохранилище нарушается водоснабжение населенного пункта, снабжаемого водой из данного водохранилища, в связи с чем необходимо обеспечивать жилые дома и социально-значимые объекты дополнительным подвозом воды. Кроме того, требуется прочистка водохранилища.

Такая проблема возникала на о. Сахалин неоднократно, в таких населенных пунктах, как с. Бошняково, г. Шахтерск, г. Холмск, с. Синегорск.

Расчеты селевого риска для малых водохранилищ острова в настоящее время отсутствует, что связано с недостаточным вниманием, уделяемым данной проблеме властями Сахалинской области.

Ущербы от селевых потоков на водохранилищах о. Сахалин

Водохранилища о. Сахалин имеют сравнительно небольшие объемы и относятся к малым водохранилищам (объем менее 10 млн. м^3).

Условия для схода селей в водохранилища существуют на следующих реках: Рогатка (г. Южно-Сахалинск), Маока-Зова, Малка, Тый (г. Холмск), Токариной (г. Шахтерск), Сиротский (с. Бошняково), Белая (с. Сокол), Школьная, Безымянный (г. Невельск), Больничный (с. Синегорск), Худозава (г. Макаров), Ключевая (г. Углегорск). Все водохранилища, за исключением вдхр. «Тайное» на р. Тый (г. Холмск), имеют хозяйственно-питьевое назначение.

На 6 водохранилищах были зафиксированы случаи схода селей с причинением ущерба (табл. 1).

Таблица 1.
Ущербы от селевых потоков на водохранилищах о. Сахалин.

№	Местоположение	Дата схода	Тип селевого потока	Объем селя, тыс.м^3	Ущерб
1	р. Рогатка, г. Южно-Сахалинск	06.08.1981	Грязекаменный	>100000	Сель разгрузился в чашу водохранилища
2	р. Сиротский, п. Бошняково	1993	Наносоводный	-	Заилена чаша водохранилища
3	р. Безымянный, г. Невельск	15.07.2002	Грязекаменный	-	Сель разгрузился в чашу водохранилища
4	р. Безымянный, г. Невельск	3.09.2002	Грязекаменный	-	Заилена чаша водохранилища
5	р. Больничный, п. Синегорск	3.09.2002	Грязекаменный	2500-3000	Водохранилище заполнено селевыми отложениями
6	р. Еланька, Южно-Сахалинск	2003	Грязекаменный	-	Поврежден водозабор
7	р. Токариная, Шахтерск	4.10.2009	Наносоводный	-	Заиление и замутнение водохранилища
8	р. Еланька, Южно-Сахалинск	2009	Грязекаменный	-	Поврежден водозабор
9	р. Безымянный, г. Невельск	30.07.2010	Грязекаменный	4 000	Сель разгрузился в чашу водохранилища
10	р. Малка, Холмск	10-12.08.2010	Грязекаменный, наносоводный	-	Вода не пригодна для питья

Как видно из таблицы 1, на о. Сахалин сели неоднократно причиняли как прямые, так и косвенные ущербы населению и хозяйству за счет пополнения селевой массой водохранилищ.

В августе 1981 г. во время прохождения тайфун «Филлис» грязекаменный сель объемом более 100 тыс. м^3 вошел в водохранилище реки Рогатка (г. Южно-Сахалинск) [1].

В 2002 г. во время прохождения тайфуна «Чатаан» (11-15 июля) один из сошедших селей разгрузился в чашу водохранилища «Южного» на р. Безымянный в г. Невельск. Однако, прорыва плотины не наблюдалось.

Также в 2002 г. 2-3 сентября прохождение тайфуна «Руса» вызвало повсеместный сход селей по югу о. Сахалин. В п. Синегорске на р. Больничный после схода селевого потока водохранилище было заполнено селевой массой (рис. 1). В результате эрозионного размыва пойменных гравийно-галечниковых отложений и подмыва осыпных конусов весь материал объемом до 3000 м^3 был вынесен в чашу водохранилища, и лишь небольшая его часть прошла через водопропуск. В г. Невельск на р. Безымянный опять было заилено водохранилище.

Рисунок 1. Водохранилище в п. Синегорск до и после схода селя (2002 г).

В 2009 г. после прохождения мощного циклона г. Шахтерск почти месяц оставался без питьевой воды из-за схода селя в водохранилище на р. Токариной.

В таблице 2 приведены характеристики селевых бассейнов, из которых фиксировался сход селей в водохранилища. Характеристики селевых бассейнов приведены по данным полевых исследований лаборатории лавинных и селевых процессов Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН

Таблица 2.
Характеристики селевых бассейнов, из которых фиксировался сход селей в водохранилища.

Характеристики водохранилищ		Характеристики селевых бассейнов			
Местоположение	Объем, тыс. м^3	Длина селевого русла, м	Площадь водосбора, га	Расчетный объем селевого потока, тыс.м^3	
				средний	макс.
р. Рогатка, г. Южно-Сахалинск	550	10000	1350	10	500
р. Малка, г. Холмск	550	990	103	1	5
р. Токариная, г. Шахтерск	650	2050	186	1	10
р. Сиротский, п. Бошняково	80	2070	158	3	30
р. Безымянный, г. Невельск	0,6	2460	132	1	7
р. Больничный, п. Синегорск	4	3600	373	1	6

Таким образом, при оценке селевой опасности необходимо уделять внимание возможности причинения селевым потоком экономического ущерба за счет заполнения чаши водохранилища селевой массой или его заиливания. В связи с этим для принятия решений по минимизации ущербов необходимо произвести расчет селевого риска.

Оценка и расчет риска

Под *риском* подразумевается вероятностная мера опасности, установленная для определенного объекта в виде возможных потерь за определенное время [2].

Оценка селевого риска проводилась по методике Рагозина [2], адаптированной для водохранилищ. В качестве объекта опасности принято водохранилище, имеющее объем $V_{вдхр}$. В пределах территории водохранилища периодически возникает опасность *C*, имеющая объем V_c, за которую принимается объем селя. Тогда вероятность поражения водохранилища селем *P* равна

$$P = V_c * V_{вдхр}^{-1} \quad (1)$$

При $V_c > V_{вдхр}$ рассматриваемая $P = 1$.

Полученная таким образом вероятность определяет долю возможных потерь объекта в случае реализации опасности *C*. Принимаем эту вероятность за уязвимость и обозначим $V_m(C)$. Отсюда риск поражения (разрушения, выведения из строя) единицы объема опасностью С вычисляется по формуле

$$R(C) = N(C) * V_m(C) \quad (2)$$

где $N(C)$ – повторяемость опасности.

Формула характеризует вещественный риск удельных потерь с единицы объема водохранилища за единицу времени, что условно выражается через размерность тыс.м^3*год.

При прохождении селевого потока по реке, на которой расположено водохранилище, возможно три варианта развития событий, каждый из которой соответствует категории риска:

I. Разрушение плотины с последующим катастрофическим паводком (селем)

II. Вывод гидротехнического сооружения из строя (разовое заполнение чаши селевой массой)

III. Изменение режима эксплуатации объекта (постепенное заиливание, замутнение воды и др.)

Последнее возможно даже в том случае, если нижняя граница зоны аккумуляции селя расположена выше водохранилища.

Для расчета каждой категории риска были взяты разные объемы селей и разная повторяемость селей для каждого водохранилища в зависимости от предполагаемого ущерба.

Расчет риска был произведен для водохранилищ, на которых фиксировался ущерб от селевых потоков.

Таблица 3.
Расчетные величины риска для разных категорий риска

Местоположение водохранилища	Категория селевого риска		
	I	II	III
	Разрушение плотины с последующим катастрофическим паводком, тыс.м^3*год	Вывод гидротехнического сооружения из строя (разовое заполнение чаши селевой массой), тыс.м^3*год	Изменение режима эксплуатации объекта (постепенное заиливание, замутнение воды), тыс.м^3*год
р. Рогатка, г. Южно-Сахалинск	0,0363	0,0210	0,0018
р. Малка, г. Холмск	-	0,0005	0,0009
р. Токариной, г. Шахтерск	-	0,0008	0,0002
р. Сиротский, с. Бошняково	-	0,0375	0,0053
р. Безымянный, г. Невельск	0,1000	0,2000	0,5000
р. Больничный, п. Синегорск	0,0500	0,0495	0,0355

На рр. Малка, Токариной, Сиротский не формируются сели объема, достаточного для разрушения и прорыва плотины.

Расчет селевого риска для этих водохранилищ нужен для обоснования необходимости проведения мероприятий по минимизации экономического ущерба, что особенно значимо в связи с тем, что данные водохранилища имеют хозяйственно-питьевое назначение.

Выводы

1. На 6 водохранилищах о. Сахалин были зафиксированы случаи схода селевых потоков с причинением экономического ущерба.

2. При оценке селевой опасности необходимо уделять внимание возможности причинения селевым потоком экономического ущерба за счет заполнения чаши водохранилища селевой массой или его заиливания.

3. В зависимости от предполагаемого ущерба введены три категории селевого риска для водохранилищ. Выполнен расчет селевого риска для 6 водохранилищ о. Сахалин для каждой из трех категорий. Риск для р. Безымянный в г. Невельск имеет наибольшее значение.

Литература

1. Казаков Н.А. Геологические и ландшафтные критерии оценки лавинной и селевой опасности при строительстве линейных сооружений (на примере о. Сахалин) // Автореф. канд. дисс. Южно-Сахалинск. 2000. 36 с.
2. Рагозин А.Л. Общие положения оценки и управления природным риском // Геоэкология. 1999. № 5. С. 417-429.
3. Рыбальченко С.В. Селевая опасность для населенных пунктов Сахалинской области // Геориск. 2013. №3. С. 40-44.

A REGIONAL ANALYSIS OF ELEMENTS AT RISK EXPOSED TO MOUNTAIN HAZARDS IN THE EASTERN EUROPEAN ALPS

[1]Fuchs S., [2]Keiler M., [3]Zischg A.

[1]Institute of Mountain Risk Engineering, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria
[2]Institute of Geography, University of Bern, Bern Switzerland
[3]Institute of Geography and Oeschger Centre for Climate Change Research, Mobiliar Lab for Natural Risks, University of Bern, Bern Switzerland

We present a method to quantify the number and value of buildings exposed to torrents and snow avalanches in the Austrian Alps, as well as the number of exposed people. Based on a unique population and building register dataset, a relational SQL database was developed that allows in combination with GIS data a rule-based nationwide automated analysis. Furthermore, possibilities and challenges are discussed with respect to the use of such data in vulnerability assessment and with respect to resilience measures. We comprehensively address the challenge of data accuracy, scale and uncertainties.

Key words: Debris flows, snow avalanches, elements at risk, exposure, Austria.

Introduction

According to global and national loss statistics, natural hazards pose a major threat to communities exposed and they often show an increasing trend (e.g., Barredo 2007). When analyzing natural hazard risk, apart from data on the probability of occurrence of the hazardous event information on the elements at risk is essential (e.g., Shnyparkov et al. 2012). Until now, there were only few approaches targeting at a small-scale spatial analysis of European mountain regions and therefore, such information was only accessible through a time-consuming and therefore costly detailed on-site analysis (Fuchs et al. 2013). In order to close this gap, we extracted information of the nation-wide digital building register which was recently accomplished in Austria (Republik Österreich 2013). These data were spatially joined with the digital hazard maps of the Austrian Torrent and Avalanche Control Service (WLV) in order to get an overview on exposure and, together with suitable vulnerability models (Papathoma-Köhle et al. 2011; Totschnig and Fuchs 2013), the height of mountain hazard risk.

Methods

A relational SQL database composed from different modules was created. An economic module was used to compute the monetary value of buildings exposed using (a) the building footprint, (b) the information of the building cadaster such as building type, number of storeys and utilisation, and (c) regionally averaged construction costs. An exposition module was applied to connect the spatial GIS information (X and Y coordinates) to the hazard information in order to achieve information whether or not a building is exposed. Using information of the population register, the number of exposed citizens (principal and secondary residences) was calculated on the level of individual buildings. An impact module linked this information to vulnerability functions in order to achieve the level of risk for every building exposed. These values were finally summed up on a municipal level and compiled in terms of tables for further analytical studies (see fig. 1).

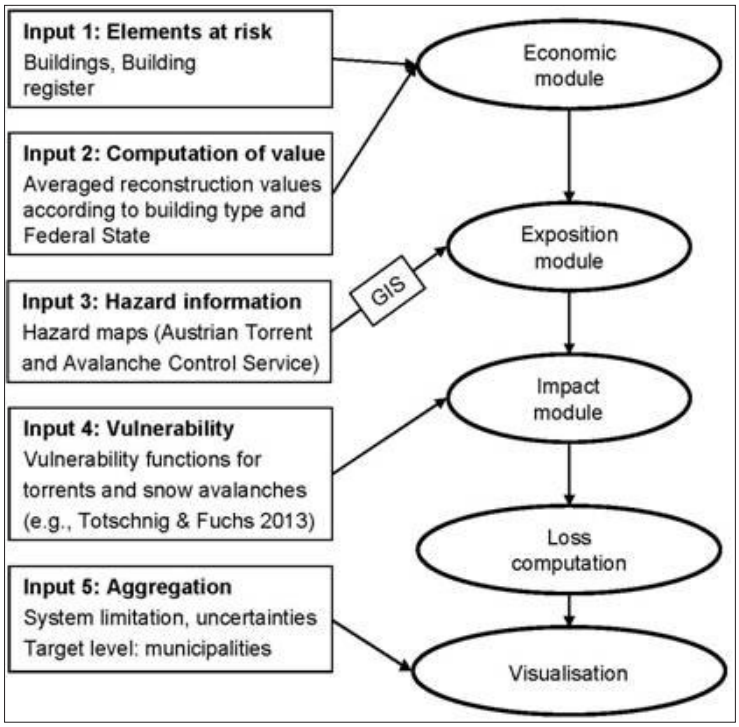


Figure 1. Modules of the SQL database.

Results

The obtained results are stored in the SQL environment and can be aggregated as well as exported to GIS for query purpose according to different parameters. In tab. 1 the results are summarized for every Federal State and every hazard type. The results clearly indicate that there is a certain need for a nation-wide risk assessment since a considerable amount of people and residents is potentially threatened by mountain hazards. Around 2.45 million buildings exist in Austria, 123,040 of which are exposed to red and yellow hazard zones (torrents: 113,876; snow avalanches: 9,164). Subtracting those buildings which are exposed to both torrents and snow avalanches (= corrected sum), approximately 120,400 buildings remain (around 5 % of the building stock) with an overall value of € 67.25 billion (torrents: € 61.14 billion; snow avalanches: € 6.11 billion). In sum, around 430,000 people are exposed in these buildings (torrents: 399,253; snow avalanches: 30,158). Taking an overall population of 8.44 million this equals around 5 % of the residents.

Table 1.
Summary of computation results.

Federal State	Number of buildings	Exposure torrents	Exposure avalanches	Sum	Corrected sum
Burgenland	135,882	159	0	159	159
Carinthia	189,816	8,588	191	8,779	8,684
Lower Austria	665,927	8,549	6	8,555	8,555
Upper Austria	436,287	12,729	137	12,866	12,844
Salzburg	142,764	24,375	605	24,980	24,656
Styria	388,375	26,029	466	26,495	26,361
Tyrol	197,075	25,179	4,543	29,722	28,782
Vorarlberg	108,663	8,268	3,216	11,484	10,359
Vienna	189,981	0	0	0	0
Sum	*2,454,770*	*113,876*	*9,164*	*123,040*	*120,400*
Population		399,253	30,158		

The results were further analysed temporarily according to the construction period, and it was shown that the increase in the number of buildings (building density) is significantly higher in potentially endangered areas than outside these areas (fig. 2), which in turn is demanding for adaptation and risk mitigation.

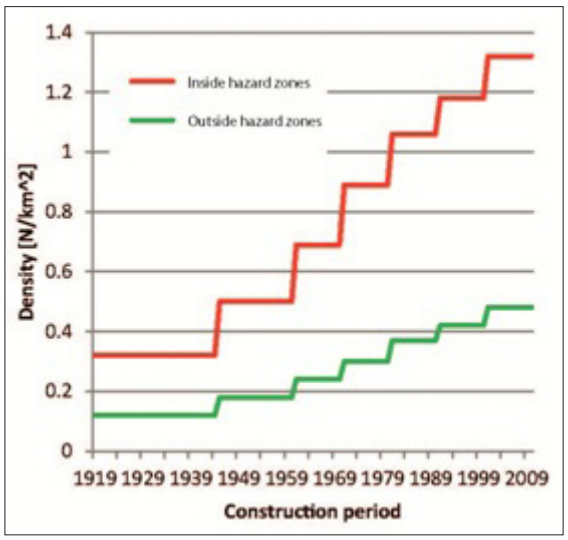


Figure 2. Temporal analysis according to construction period.

If queried spatially on a municipal level, considerable differences were manifest throughout the country (fig. 3). To give an example, In the Federal State of Salzburg around 17 % and in Tyrol 15 % of all buildings are exposed to torrents and snow avalanches, whereas in Vienna, Burgenland and Lower Austria this value is considerably smaller. In the Federal State of Salzburg, moreover, the amount of communities with a clearly above-average exposure is evident.

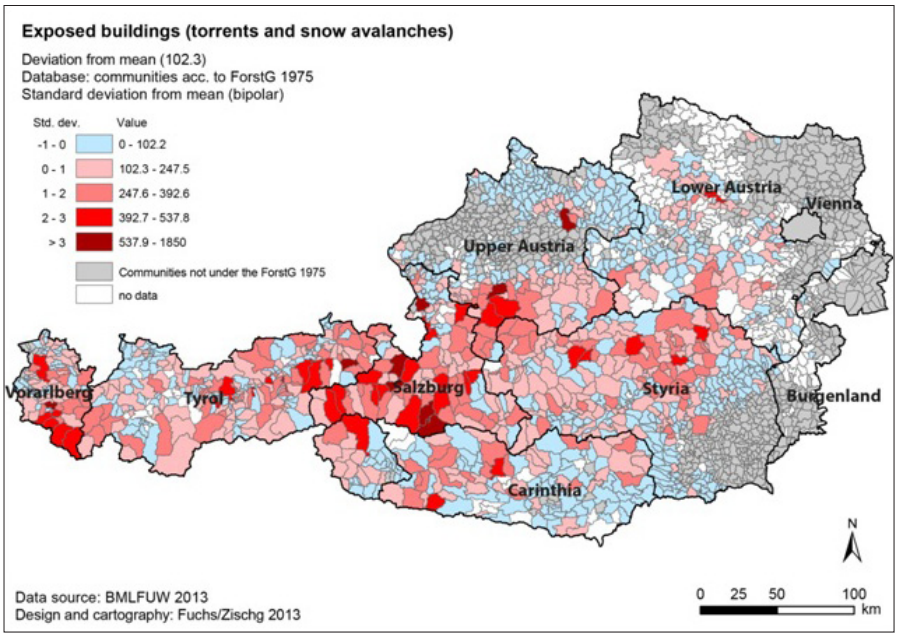


Figure 3. Number of exposed buildings, shown as deviation from mean (102.3 buildings per municipality).

Conclusion

A tool has been presented for a nation-wide computation of elements at risk exposed and potentially affected citizens. It has been shown that using a SQL database in combination with GIS, such an analysis is feasible and provides interesting insights in the spatio-temporal dynamics

of risk. The results also indicated a spatial clustering of exposure, which in turn may be useful for the implementation of risk management strategies including adaptation and mitigation. The implementation of these strategies is required on the European level by the European Floods Directive (Europäische Kommission 2007).

Furthermore, our analysis may provide the basis for further analysis on the regional and local level. In particular on the local level, however, the results may be biased through the use of averaged values for the monetary valuation of buildings (Fuchs and Zischg 2013a, b). In any case, a careful validation is needed also with respect to the intended use of the results: since – apart from planning for mitigation on the administrative level – the aim of hazard and risk mapping is to increase public awareness, special consideration should be given to a categorization of results and layout principles of accompanying maps (Meyer et al. 2012).

References

1. Barredo J. Major flood disasters in Europe: 1950-2005 // Natural Hazards. 2007, 42 (1). P. 125-148
2. Europäische Kommission. Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken // Amtsblatt der Euopäischen Union. 2007, L 288. P. 27-34.
3. Fuchs S., Keiler M., Sokratov S.A., Shnyparkov A. Spatiotemporal dynamics: the need for an innovative approach in mountain hazard risk management // Natural Hazards. 2013, 68 (3). P. 1217-1241.
4. Fuchs S., Zischg A. Verwendung des Gebäude- und Wohnungsregisters (GWR II) im Rahmen der Hochwasser-Risikoanalyse // IAN Report. 2013a, 156. Universität für Bodenkultur, Institut für alpine Naturgefahren, Wien.
5. Fuchs S., Zischg A. Vulnerabilitätslandkarte Österreich // IAN Report. 2013b, 152. Universität für Bodenkultur, Institut für alpine Naturgefahren, Wien.
6. Meyer V., Kuhlicke C., Luther J., Fuchs S., Priest S., Dorner W., Serrhini K., Pardoe J., McCarthy S., Seidel J., Scheuer S., Palka G., Unnerstall H., Viavatenne C. Recommendations for the user-specific enhancement of flood maps // Natural Hazards and Earth System Sciences. 2012, 12 (5). P. 1701-1716.
7. Papathoma-Köhle M., Kappes M., Keiler M., Glade T. Physical vulnerability assessment for alpine hazards: state of the art and future needs // Natural Hazards. 2011, 58 (2). P. 645-680.
8. Republik Österreich. Bundesgesetz über das Gebäude- und Wohnungsregister (GWR-Gesetz) // BGBl 9/2004 i.d.F. 1/2013. 2013.
9. Shnyparkov A.L., Fuchs S., Sokratov S.A., Koltermann K.P., Seliverstov Y.G., Vikulina M.A. Theory and practice of individual snow avalanche risk assessment in the Russian arctic // Geography, Environment, Sustainability. 2012, 5 (3). P. 64-81.
10. Totschnig R., Fuchs S. Mountain torrents: quantifying vulnerability and assessing uncertainties // Engineering Geology. 2013, 155. P. 31-44.

ROAD VULNERABILITY PRONE TO DEBRIS FLOWS IN THE FRENCH ALPS

[1]Utasse M., [1]Jomelli V., [2]Leone F.

[1]Laboratoire de Géographie Physique UMR8591, Meudon, France
[2]UMR – Gourvernance, Risque, Environnement, Développement, Montpellier, France

In the Alps, debris flow events periodically damage critical infrastructure and disrupt transportation networks. The aim of this study was to evaluate the territorial dysfunctions caused by a debris flow. The analysis was based on a catchment area in the French Alps that triggers frequent debris flows with impacts on road network. We evaluate the consequences of a debris flow event on accessibility for road users. We identified all of possible bypass roads in case of disruption estimated extra travel time, cost and computed maps of accessibility representing loss of access time at the regional scale.

Key words: debris flows, road network, indirect vulnerability, accessibility.

Introduction

In mountainous areas like the Alps, debris flow events are a major threat as they periodically damage critical infrastructure and disrupt transportation networks (Jomelli et al., 2011). Owing to many landlocked valleys, the disturbance of transportation networks does not just affect the damaged area, but extends to all reliant areas and activities. Such situation generates considerable economic and social damages for these regions according to the overall dependency of the disturbed network. Numerous studies have been conducted on the meteorological conditions responsible for triggering of debris flows and links with climate change (Pavlova et al, 2014). But the propensity of an exposed element to suffer damages in case of impact by a debris flow is a concept still unexplored whose evaluation is not standardized. Initially, the concept of transport vulnerability was initiated by transport specialists in order to determine the consequences of a network disruption related to an accident, whatever its origin. Most studies have considered transportation network from an engineering perspective such as network connectivity/accessibility traffic flow, network reliability and degradation of the road service (Tacnet et al, 2013). Very few studies analyzed the consequences of a network disruption on the territory due to a debris flow (Budetta, 2002; Demoraes and D'Ercole, 2009; Winter et al, 2013; 2014).

The aim of this study was to evaluate the consequences of a network disruption prone to a debris flow, such as territorial dysfunctions based on a case study in the French Alps.

Study Area

This study was conducted in a debris flow catchment in the French Alps. On June 04, 2012 in the morning, a debris flow occurred in the Rif Blanc catchment following several rainy days in the Guisane valley, located at the north of the Hautes-Alpes department. The debris flows event impacted the road D1091 (Fig. 1). All the physical damages were estimated to be about 25,000 euros by the stakeholders. Direct damages caused a temporary break of the road traffic during eight hours despite the small volume of mobilized material, estimated between 10 000 and 15 000m^3.

These disturbances were prolonged for a week with consequences on the road traffic and impacts on the economy at the regional scale. During the disturbances, road users used a bypass through the city of Gap for the Grenoble-Briançon axis (Fig. 2). The D1091 Grenoble-Briançon axis is 117km long. The D1091 is the only road which crosses the Guisane valley and the Lautaret pass (Fig. 2), the most attractive economic axis of the department. The density of road traffic is mainly concentrated in summer compared with annual average vehicles: 2665 vehicles per day per year in 2011 versus 2757 vehicles per day in June, 4892 vehicles per day in July and 4918 vehicles per day in August. These observations maximize the vulnerability of the network and its strategic value in relation to the period of activity of the Rif Blanc catchment.

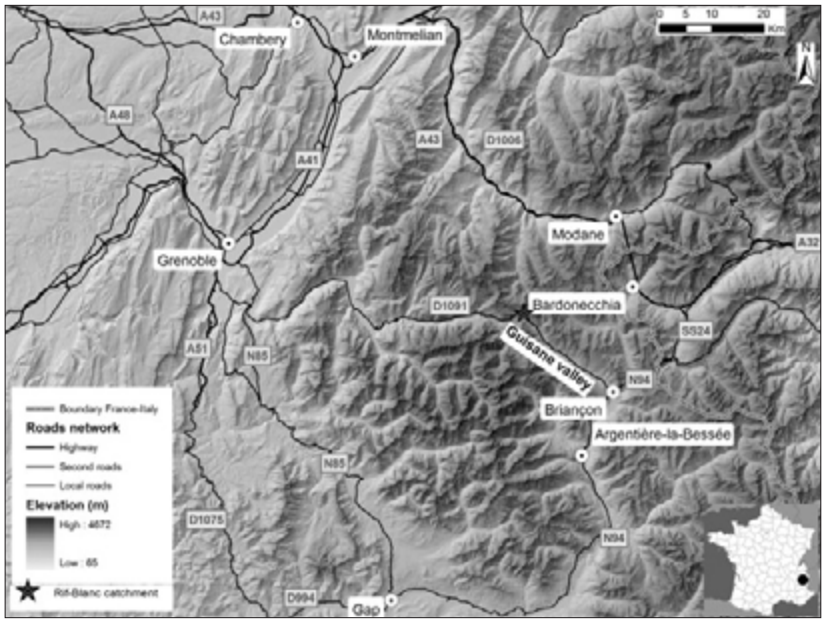


Figure 1. Location map of the Rif Blanc catchment (asterisk) with main road network.

Methods

The functional vulnerability was analyzed by comparing the accessibility of the road network in normal situation before the damaging event and in disturbed situation following the event. This approach allows evaluating the accessibility of the road network on the territory. This approach involves defining precisely the start location and the destination of the travel. Then, we identified all of possible bypass roads in case of traffic disruption.

Three accessibility indicators were used to evaluate the connectivity of the transport system in case of change in the spatial organization of the network. In the present case, indicators were measured according to: travel time in minutes, distance in kilometers and cost including the fuel and toll roads prices between the different itineraries.

Another step of the approach consisted in using an accessibility model to properly quantify the territorial vulnerability in term of fastest travel time changes along the damaged network. The RouteFinder model was used to estimate the accessibility from a starting point of a network to an endpoint.

The road database used in this study is the BD TOPO provided by IGN (National Geographic Institute). We then developed both the relative hierarchy of each axis and their travel direction. Since the model is based on the travel time concept, the main factor to be considered is the speed limit for each type of axis. This parameter has been averaged on the basis of web-based route planning calculators. This avoids overestimating the results by using the maximum speed limit which does not reflect a real travel. Two types of scenarios have been compared to assess the territorial accessibility in (1) normal situation without any disruption on the network and (2) disturbed situation in the aftermath of the debris flow events.

Results

Figure 3 shows an analysis of road vulnerability caused by the debris flow event that occurred in Rif blanc catchment. The Grenoble-Briançon itinerary was chosen as the reference road axis (Fig.1). This itinerary corresponds to a main road connecting two strategic urban nodes in the Alpine areas. In the case of traffic disruption on the RD1091 on Grenoble-Briançon axis, the General Council of Hautes-Alpes department suggests one main bypass to road users. However, we compared all alternative roads in the alpine transportation network for a better visibility of territorial

accessibility (Fig. 3): the main classical itinerary (1T1) Grenoble-Briançon using the RD1091 in normal situation, via the Guisane valley. IT2 is Grenoble - Briançon via Gap and Argentière-la-Bessée (RN85, RN94), suggested by the General Council of Hautes-Alpes department to road users in case of DF impact. IT3. Grenoble – Briançon via Gap and Isère department (highway A51, D1075, D994, RN94). The last itinerary IT4 is via Italy (Montmélian, Modane, the Fréjus tunnel, Bardonnechia: highway A41, highway A43, RN94).

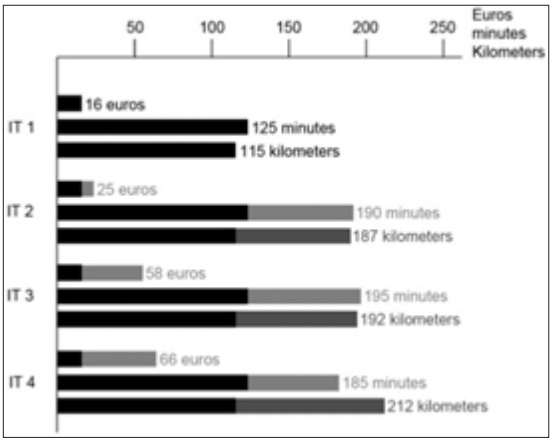


Figure 2. Grenoble – Briançon itineraries for cars according to kilometers, time (mn) and cost (fuel, toll road). IT1 is the normal situation and IT2-4 itineraries used in case of DF event. Black is the normal situation and grey the extra cost, time and kilometers for the different itineraries.

The shortest travel distance is the itinerary n°2. But the shortest way in time is the itinerary n°4 using highways. The consequences of the network disruption involve an access time lengthening of one hour minimum for all itineraries. Road users are constrained to carry out an additional trip of 70 kilometers minimum to reach the same destination. The cost shows the most significant changes in the data series. Travel cost can rise to three times the original cost.

The road accessibility modeling based on GIS tools enabled us computing maps of accessibility. This map represents loss of access time at the regional scale in a disturbed situation with a network disruption located on the Rif Blanc catchment. This map is based on bypass roads previously established between the cities of Grenoble and Briançon, including Italy.

The comparison between normal and disturbed situation shows a gradual deterioration of accessibility from the city of Argentière-La-Bessée to the city of Monêtier-Les-Bains (Fig. 3).The whole of the northern department is affected by a delay time of one hour or more in accordance with the results of travel time indicator of accessibility showed in figure 2. The access to the valleys corridors is very disturbed, especially in the touristic valleys at the north of Briançon city.

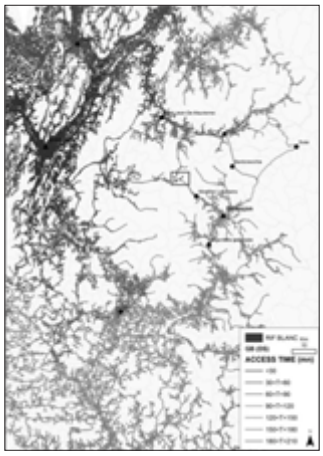


Figure 3. Access time in minutes from Grenoble to Briançon in disturbed situation due to a network disruption by a debris flows on the Rif Blanc catchment.

Conclusion

In this paper we explored the consequences on territorial accessibility due to a debris flow event that impacted a main road in the French Alps. We identified three possible bypass roads in case of disruption. Extra travel time, distance and cost including the fuel and toll roads prices between the different itineraries were used to evaluate the connectivity of the transport system in case of change in the spatial organization of the network. This study highlights the vulnerability of the French Alpine road network to low magnitude debris flow events and provides tools for stakeholders and policy makers. In the case of road D1091the vulnerability is high because density is low and in the vicinity of cities where the traffic volume is large. This indicates that city connections that have their shortest path via routes crossing the study area have the high risk of route failure.

References

1. Budetta B. Risk assessment from debris flows in pyroclastic deposits along a motorway, Italy // Bull Eng Geol Env. 2002, № 61. P.293-301.
2. Demoraes F., D'Ercole R. Risques et accessibilité des lieux dans le district de Quito (Equateur) // Mappemonde. 2009, №23.
3. Jomelli V., Pavlova I., Utasse M., Chenet M., Grancher D., Brunstein D., Leone F. Are debris floods and debris avalanches responding univocally to recent climatic change: A case study in the French Alps. // In: Climate change 1, Intech Blanco J.A. Kheradmand, H. 2011.
4. Pavlova I., Jomelli V., Brunstein D., Grancher D., Martin E., Dequé M. Debris flow activity related to recent climate conditions in the French Alps: a regional investigation // Geomorphology. 2014, in press
5. Tacnet J.-M., Mermet E., Zadonina E., Deschatres M., Humbert P., Dissart J.-C., Labbe S. Road network management in the context of natural hazards: a decision-aiding process based on multi-criteria decision making methods and network structural properties analysis // Int. Snow Sci. Work. Proceedings. Grenoble 2013. P. 912-919.
6. Winter M.G., Smith J.T., Fotopoulou S., Pitilakis K., Mavrouli O., Corominas J., Agyroudis S. The physical vulnerability of roads to debris flow // Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris 2013.
7. Winter M.G., Smith J.T., Fotopoulou S., Pitilakis K., Mavrouli O., Corominas J., Agyroudis S. An expert judgement approach to determining the physical vulnerability of roads to debris flow // Bull Eng Geol Environ. 2014, №73. P.291–305.

Раздел IV

Ледово-водно-каменные потоки и лахары

Part IV

Ice-water-rock flows and lahars

ВОДОСНЕЖНЫЕ ПОТОКИ НА ЮГЕ О. САХАЛИН

Генсиоровский Ю.В., Боброва Д.А., Жируев С.П.

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,
Сахалинский филиал, Южно-Сахалинск, Россия*

В работе приводятся сведения о формировании водоснежного потока на склоне морской террасы в высотном диапазоне 0-100 м на юге о. Сахалин.

Ключевые слова: водоснежный поток, Сахалин.

SLUSHFLOW IN THE SOUTH OF SAKHALIN ISLAND

Gensiorovskiy Yu.V., Bobrova D.A., Zhiruev S.P.

Far East Geological institute FEB RAS, Sakhalin department, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

This work contains information about the formation of the slushflow on the slopes of marine terraces in the altitude range 0-100 m in the South of Sakhalin Island.

Key words: slushflow, Sakhalin.

Водоснежные потоки на о. Сахалин изучены недостаточно, их формированию посвящены немногочисленные работы (Бударина и др.,1987; Перов и др., 1988; Селеопасные районы… под ред Флейшмана и Перова, 1976; Казаков, 2000, 2002), некоторыми авторами вполне обосновано предполагалась вероятность зарождения данных природных явлений и на юге о. Сахалин (Казаков, 2002).

В зимний период 2011-2012 г.г. нами на юго-западном побережье проводились эпизодические снеголавинные наблюдения, где 10 апреля 2012 г. на берегу Татарского пролива в 700 м южнее г. Невельска был зарегистрирован водоснежный поток.

Ниже рассматриваются факторы, определившие формирование потока.

Территория, прилегающая к участку зарождения водоснежного потока, сложена миоценовыми серыми, светло-серыми слоистыми алевритистыми опоками с прослоями коричневато-серых кремнисто-глинистых пород, серых мелкозернистых песчаников и песчанистых алевролитов курасийской свиты (Геология…, под ред. Верещагина,1970). В процессе выветривания коренных пород образуются существенно глинистые делювиальные образования, препятствующие водоотдаче из снежной толщи в трещиноватые полускальные грунты в периоды интенсивного таяния, а, следовательно, способствующие ее водонасыщению.

Геологическое строение предопределило морфологию берегового уступа, его склон расчленен многочисленными эрозионными врезами и денудационными воронками, углы откоса превышают здесь 30º.

Вдоль морского побережья развит комплекс морских террас. На участке исследований абсолютные отметки бровки террасы варьируют от 100 до 120 м.

На юге Сахалина, и на полуострове Крильон в том числе, во все зимние месяцы в периоды прохождения глубоких циклонов среднесуточная температура может повышаться до положительных значений, а осадки выпадать в жидком виде.

Среднее количество осадков за холодный период (ноябрь-март) по данным метеостанции Невельск – 332 мм, что составляет 36% от их годового количества (Земцова, 1968; Материалы…, Препринт). Тем не менее, по оценкам Ю.В. Генсиоровского и С.В. Рыбальченко, из-за большой области сноса, расположенной на незалесенной поверхности морской террасы, на подветренных склонах за зиму может накапливаться до 1200 мм снега в водном эквиваленте, что в 3-4 раза превышает средние многолетние значения на ограниченной площади

снегосборов.

Следует отметить, что в прибрежной зоне полуострова Крильон при высоте снежного покрова на склонах более 0,6 м подстилающая поверхность, как правило, находится в талом состоянии.

Таким образом, на юге острова имеются все необходимые условия для образования водоснежных потоков.

На рис. 1 приводится карта-схема участка формирования, приуроченной к склону 100-120 метровой морской террасы. Высотный диапазон развития процесса от 0 до 100 м. Морфологические характеристики эрозионного вреза и размеры конуса выноса показаны в таблице 1. Дальность выброса потока определена графически, вследствие его разгрузки в морскую акваторию и, вероятнее всего, исходя из динамики потока, существенно занижена.

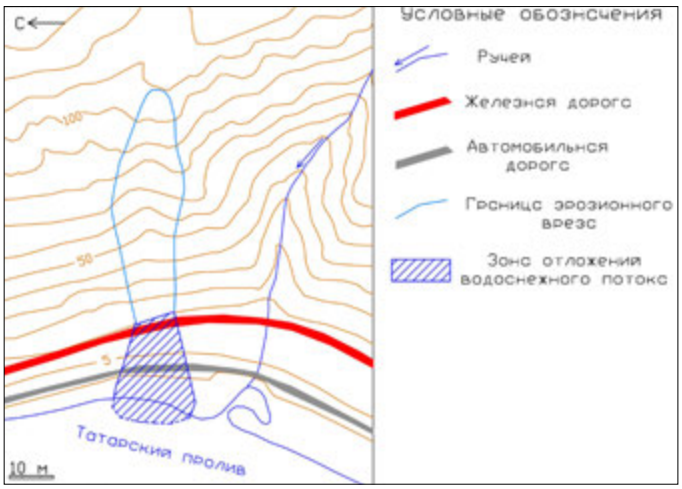


Рисунок 1. Карта-схема участка формирования водоснежного потока.

Нами выполнен сравнительный анализ дальностей выброса водоснежного потока (определенный графически) и лавин мокрого снега, формировавшихся на о. Сахалин. Для каждой лавины было получено процентное соотношение выположенного участка пути к общей его длине. Затем полученные значения разнесены по диапазонам с пятипроцентным шагом. Результаты иллюстрируются циклограммой (рис. 2).

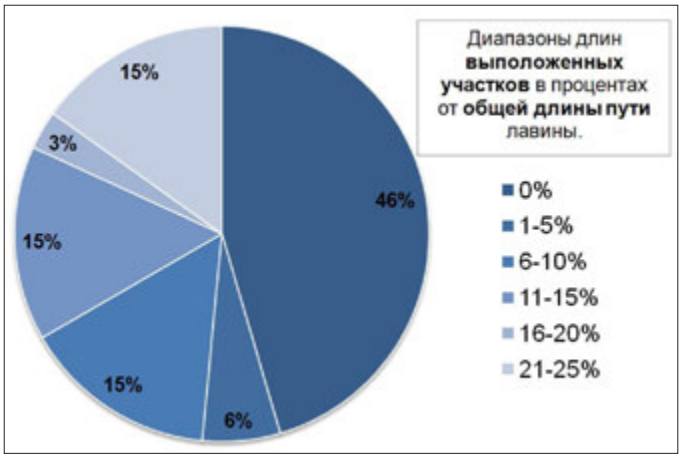


Рисунок 2. Количество лавин в процентах в каждом из выделенных диапазонов.

Циклограммой показано, что 100% лавин уложились в диапазоны от 0 до 25%, дальность же выброса водоснежного потока приходится на шаг 30-35% (колонка 12 табл. 1), что существенно выше значений, характерных для лавин мокрого снега.

Таблица 1.
Характеристики водоснежного потока.

Дата формирования водоснежного потока	Зона формирования			Зона отложений					Дальность выброса, м	Длина пути выположенного участка, м	Длина пути выположенного участка (% от общей длины пути)
	Площадь эрозионного вреза, м^2	Длина эрозионного вреза, м	Средняя ширина эрозионного вреза, м	Площадь, м^2	Максимальная ширина, м	Средняя толщина, м	Максимальная толщина, м	Объем, м^3			
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
08-09.04.2012	600	50	13	340	20	1,5	2,5	500	70	24	34

Отложения потока представляют собой однородную снежную массу, почти лишенную снежных блоков и окатышей ненарушенного сложения, с большим количеством растительных остатков, содержание минерального грунта не превышает 1% (рис. 3-5).

Рисунок 3. Общий вид зоны зарождения водоснежного потока.

Рисунок 4. Характер отложений в конусе выноса и свежий снег на бровке выемки.

Рисунок 5. Вид на конус выноса водоснежного потока сверху.

Формирование потока произошло в ночь с 08 на 09 или 09 апреля 2012 г. На это время приходится глубокая оттепель с максимумом температуры 6,6°С, наблюдавшимся 9 апреля. Предварял адвекцию тепла интенсивный прогрев снежной толщи коротковолновой солнечной радиацией в ясную погоду 07 апреля. Метеорологические условия с 02 по 10 апреля приводятся в таблице 2.

Таблица 2.
Метеорологические характеристики района по данным гидрометеорологической станции «Невельск»

Дата	Средняя суточная температура воздуха, °С	Мини- мальная температура воздуха, °С	Макси-мальная температура воздуха, °С	Общая облачность, %	Количество выпавших осадков, мм
1	2	3	4	5	6
02.04.2012	-4,2	-9,2	-1,7	Облачно	1
03.04.2012	0,1	-2,4	4,2	Переменная облачность	0
04.04.2012	-2,9	-2,8	-2,3	Облачно	10
05.04.2012	-3,5	-4,6	-2,4	Облачно	2
06.04.2012	-3,2	-4,3	-1,5	Облачно	0,5
07.04.2012	-2,8	-3,2	-2	Ясно	0
08.04.2012	-0,6	-3,9	3,0	Переменная облачность	0,3
09.04.2012	2,3	-0,4	6,6	Облачно	0,5
10.04.2012	2,9	0,5	6,4	Облачно	0

Хорошим маркирующим элементом, подтверждающим высказанные выше доводы, является выпавший после расчистки железной дороги 09 апреля снег, сохранившийся на бровке выемки (рис. 4).

Выводы:

1. Водоснежные потоки формируются на острове Сахалин повсеместно, условия для их развития имеются и на Курильских островах.

2. Водоупором при насыщении снежной толщи водой могут служить и талые делювиальные образования глинистого состава.

3. Образование водоснежных потоков происходит также на склонах морских террас в высотном диапазоне до 100 м.

Литература

1. Бударина О.И., Перов В.Ф., Сидорова Т.Л. Селевые явления о. Сахалин. Вестник МГУ, География, № 3, 1987 - с. 76-81.
2. Геология СССР. - М.: Недра, 1970.- Т. 33.- Ч.1. - 422 с
3. Земцова А.И. Климат Сахалина. - Л.: Гидрометеоиздат, 1968 - 197 с.
4. Казаков Н.А. О возможном механизме образования сейсмогенных лавин. Материалы гляциологических исследований, вып.88, М., ИГ РАН, 2000 - с. 102-106.
5. Казаков Н.А. Материалы гляциологических исследований. Вып. 92. – М., ИГ РАН, 2002 – с. 181-183.
6. Материалы наблюдений за осадками и снежным покровом в горах 1965-1993 г.г. Сахалинское УГКС. Препринт
7. Перов В.Ф., Сидорова Т.Л. Метеорологические условия формирования водоснежных потоков. Материалы гляциологических исследований, вып.64, М., ИГ РАН, 1988 - с. 41 – 47.
8. Селеопасные районы Советского Союза. (Под ред. Флейшмана С.М., Перова В.Ф.) М., МГУ, 1976 - 308 с.

ТЕРМОКАРСТ НА ОТЛОЖЕНИЯХ ЛАХАРОВ ВУЛКАНОВ ШИВЕЛУЧ И КЛЮЧЕВСКОЙ (КАМЧАТКА)

Лукашов А.А., Сейнова И.Б., Черноморец С.С.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия

На поверхности отложений лахаров по склонам и у подножий камчатских вулканов Шивелуча и Ключевского отмечается развитие форм термокарста. Характеризуемые ареалы принадлежат криолитозоне с прерывисто-островной и со сплошной многолетней мерзлотой, соответственно. Ледники Ключевского вулкана (Богдановича, Эрмана и др.) испытали подвижки, разрушения и погребение. Лахары, в том числе – «порождённые» последними извержениями, размывают и плащеобразно переотлагают рыхлый материал на поверхности ледников. Неравномерное вытаивание льда способствует формированию термокарстовых просадок и провалов. У подножия Шивелуча толщи лахаров и пирокластических потоков, состоящие из андезитового песка, перекрывали долинные наледи и снежники. В дальнейшем это также послужило предпосылкой развития термокарста. На частично «сухих реках» Кабеку и Бекеш лахары 2012 года перекрыли снеговой покров и русловые наледи слоем не более метра мощностью. Резкие просадки стали развиваться лишь через год.

Ключевые слова: лахары, ледники, наледи, термокарс.

THERMOKARST ON THE LAHAR SEDIMENTS OF SHIVELUCH AND KLUCHEVSKOY VOLCANOS (KAMCHATKA)

Lukashov A.A., Seinova I.B., Chernomorets S.S.

Moscow State University named by M.V. Lomonosov, Geographical Faculty, Moscow, Russia

Thermokarst forms cover lahar sediments on the slopes and foothills of Shiveluch and Kluchevskoy volcanos at Kamchatka. Isolated patches of sporadic permafrost and continuous permafrost are spread in those areas correspondingly. The glaciers of Kluchevskoy volcano (Bogdanovich, Herman, etc.) have experienced movements, destruction and burial. Lahars including the ones caused by the latest eruptions erode and relocate loose sediments on the glacier's surface in a form of a thin cover. Thermokarst slumps and collapses appear due to uneven ice melting. At the foothills of Shiveluch the lahar and pyroclastic masses of andesite sands were placed on top of valley icings and firn basins. Henceforth that also caused the thermokarst processes. At the valleys of partially "dry rivers" Kabeku and Bekesh lahars overlaid the snow cover and river-bed icings by thin layer (less than 1 m in depth) in 2012. Sharp slumps started to grow only a year after.

Key words: lahars, glaciers, icings, thermokarst.

Лахары на склонах и подножиях вулканов, располагающихся в областях с суровыми зимами и/или на больших высотах, могут перекрывать снежники, сезонные наледи или ледники. Впервые на возможность обнаружения в зоне мерзлоты погребенных наледей и частей глетчеров (наряду с озёрными и речными льдами) указал Э.В. Толь [1]. К 70-м годам XX века собственно погребёнными льдами стали считать лишь небольшие линзы, представляющие собой или промерзшие до дна озерца, перекрытые делювием и другими осадками, или погребенные снежники и наледи [2]. В настоящее время существование погребённых глетчерных льдов можно считать доказанным [3]. Склоны и подножия названных вулканов принадлежат криолитозоне со сплошным и массивно-островным распространением мерзлоты [4]. В.Н.Виноградов считает образование мертвых льдов на активных вулканах Камчатки следствием непосредственного воздействия извержений, вызывающих подвижки и погребение ледников продуктами вулканической деятельности [5].

Ключевская группа вулканов относится к ареалу максимального оледенения на Камчатке. Высочайший вулкан Евразии выносит за год до 60 млн. т. ювенильного материала - половину вулканитов Курило-Камчатского пояса [6]. У северного подножия конуса Ключевского вулкана, на 70% сложенного сыпучими пеплом, шлаками, лаппилями и бомбами, сцементированными прослоями льда, зарождаются крупнейшие ледники Камчатки: Эрмана и Богдановича, стекающие в СВ и ЮЗ направлениях. С южных и восточных склонов спускаются ещё 4 ледника. Продукты извержений во льдах составляют десятки процентов, а поверхность льдов покрыта сплошным чехлом морены, что способствует их «омертвению».

Вследствие пароксизма из вершинного кратера Ключевского в январе 1945 года была кардинально разрушена северо-западная часть конуса – с образованием шары – мощного Крестовского желоба - активного современного очага зарождения лахаров. «Существовавшие до извержения ледники у северного подножия вулкана были перекрыты полем отложений горячих лавин площадью в 7 км^2. Большая их часть протянулась далеко вниз в виде пологой песчано-каменистой залежи» [7], хорошо выраженной и в настоящее время. Ледники подвергаются геотермальному уничтожению в результате не только катастрофических взрывов. Широкая зона моренных отложений, тянущаяся от Ближней Плоской Сопки далеко вниз – до ледника Эрмана, оставлена глетчером, который был «умерщвлен» в недавнее время извержениями побочных кратеров Башня, Блок и др., прорвавшихся вдоль поперечного к леднику разлома [7]. В 20-м столетии происходили подвижки ледников Сопочного в 1953, им Влодавца в 1966, Богдановича в 1974, Кёлля в 1983 годах, что сопровождалось сходом лахаров [5].

Механическое воздействие взрывов на контактах лавы со льдом, перегрузка твердым материалом и образование больших объёмов талых вод привели к подвижке ледника Эрмана и сходу лахаров [7]. В ходе вершинных извержений Ключевского вулкана, под воздействием на льды лавы, спускающейся по Крестовскому желобу, на леднике Эрмана зарождаются лахары. Импульсом процесса служат талые воды, сбрасываемые в зону сочленения активного льда с погребенным. При прохождении по поверхности глетчера объём лахара пополняется рыхлым материалом и водой. При размыве моренного чехла образуются глубокие врезы; в их бортах вскрывается мёртвый лед с кавернами и каналами стока. Т.о. лахары способствуют развитию термокарста (рис. 1, 2). Пологие краевые и дистальные окончания глетчера перекрываются шлейфом отложений лахаров и грязевых селей, консервирующих погребенный лёд. Отмеченный Б.И. Пийпом провальный микрорельеф на окраине разгрузки лахаров по рекам Киргурича, Крутенькой и Сухой – в районе пос. Ключи – обусловлен вытаиванием погребенных наледей, образовывавшихся во время зимних извержений.

Рисунок 1. Термокарстовое озеро на поверхности погребенного ледника у северного подножия Ключевского вулкана. Фото Д.А.Петракова, 15.08.2013.

Рисунок 2. Песчано-каменистая поверхность погребенного глетчера с термокарстовыми провалами. На горизонте – освещенный солнцем активный ледник Эрмана. Фото И.Б. Сейновой, 14.08.2013.

В южном секторе вулкана Шивелуч в 1964 г. взрывом был разрушен ледник, что изменило условия формирования лахаров. Ныне они образуются в долинах рек в результате таяния снега. Формирование грязекаменной массы в периоды устойчивого снегового покрова происходит при извержении пирокластических потоков. В их отложениях до 80% занимают ювенильные пористые андезиты (песок, гравий и пепел). Врезанные в отложения пиропотоков русла, по которым сходят лахары, в дистальных частях достигают ширины 200 м. На пологом днище остается значительная часть гравийно-песчаной массы, нередко перекрывающая зимние снежники и наледи. В бортах эрозионных врезов, образованных лахарами, даже в августе наблюдаются погребённые снежно-ледовые образования. При инсоляционном прогреве селевой толщи, перекрывающей наледи и снежники, на протяжении последующих (за этапом погребения) тёплых сезонов, за счёт неравномерного распределения захороненных ледяных тел формируются комплексы термокарстовых микроформ (рис. 3).

Рисунок 3. И.Б. Сейнова изучает серию миниатюрных термокарстовых провалов на поверхности отложений шивелучского лахара 2012 года в среднем течении р. Кабеку. Фото С.С. Черноморца. 7.08.2013.

Собственно, провально-просадочные *микроформы* сранительно редко фигурируют в словарных определениях термокарста [8], хотя они зачастую формируют выразительные ансамбли. Вместе с тем вытаивание погребённого (ископаемого) льда (а не мерзлоты как таковой) в качестве причины появления миниатюрных термокарстовых провалов, давно находит отражение в работах ведущих мерзлотоведов [9]. В среднем течении левого притока р. Камчатки – Кабеку и в верхнем течении левого притока Кабеку – р. Бекеш, берущих начало вблизи энергично растущего экструзивного купола Молодого Шивелуча, в августе 2013 года авторами наблюдалось широкое развитие миниатюрных просадок и провалов на поверхности отложений весеннего лахара 19 апреля 2012 года (рис. 3, 4).

Рисунок 4. Провалы и просадки в верховьях р. Бекеш – на отрезке переработки лахаром отложений пирокластического потока. Фото С.С. Черноморца. 8.08.2013.

Лахар образовался в начале сезона снеготаяния, что при дополнительном стоке талых вод в результате извержения привело к интенсивной эрозии в верховьях р. Сухой Бекеш. Отложение глыбовой фракции началось после глубокого вреза в древние пирокластические отложения. После впадения р. С. Бекеш в р. Кабеку, русло главной реки шириной до 200 м оказалось заполненным равномерным слоем вулканического песка мощностью до 1м. Во время обследований в августе 2012 г. под отложениями лахара нами была обнаружена наледь. Её образование до схода лахара мы связываем с периодическим намерзанием паводковых вод в затонах при похолоданиях в ночное время. Основной пик снеготаяния на Камчатке наступает не раньше мая. В апреле днища долин рек находятся под снегом. При сходе лахаров снег и лед остаются под покровом, предохраняющим их от таяния. Термокарстовые процессы в отложениях весеннего лахара 2012 года нами были обнаружены только через полтора года после его схода.

Лахары у подножий Шивелуча и Ключевского в генетическом отношении детально изучены на местности С.С. Черноморцем и И.Б Сейновой ещё в 2008 г. [10]. Выявленные термокарстовые новообразования осложняют главным образом поверхности селевых полей аккумуляции (в понимании В.Ф. Перова – 11) – там, где лахары распластывались и активно сгружали обломочный материал. Твёрдое питание вулканогенных селей у подножий Шивелуча обеспечивается материалом существенно песчаных пирокластических потоков. В песчаной толще отложений лахара термокарстовые просадки приобретают характер провалов глубиною до 1,5 м. Такой же характер имеют немногочисленные провалы и просадки в верхнем течении р. Бекеш, где происходит непосредственный перемыв отложений пирокластического потока (рис. 4).

Литература

1.Толль Э.В. Ископаемые ледники Новосибирских островов, их отношение к трупам мамонтов и ледниковому периоду // Записки Геогр. о-ва. Т. XXXII, №1. СПб, 1897.
2.Горшков Г.П., Якушева А.Ф. Общая геология. Изд. 3. МГУ, 1973.
3. Соломатин В.И. Физика и география подземного оледенения. Новосибирск. Акад. из-во «Гео», 2013. С. 266.
4. Национальный атлас России, т. II. Карта «Вечная мерзлота: распространение, температура, льдистость». 1:15 млн. / Авт. Н.В. Тумель, Н.А. Королева. М., «Роскартография», 2007. С. 240-242.
5.Виноградов В.Н. Вулканизм и оледенение // Гляциологические исследования. М. 1985. №7. С. 7-28.
6. Действующие вулканы Камчатки. Т. 1. М. «Наука». 1991. 302 с.
7. Пийп Б.И. Ключевская сопка и её извержения в 1944-1945 гг. и в прошлом. Тр. Лаб. вулканологии, 1956. №7, 309 с.
8. Экологический энциклопедический словарь. М.: «Ноосфера», 2002, 930 с.
9. Попов. А.И. Вечная мерзлота в Западной Сибири. М.: Изд. АН СССР, 1953, 230 с.
10. Черноморец С.С., Сейнова И.Б. Селевые потоки на вулканах. М.: МГУ, 2010, 72 с.
11. Перов В.Ф. Селеведение. М.: МГУ, 2012, 271 с.

ОБ ОПОЛЗНЕВОЙ И СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТЯХ НА ВУЛКАНАХ

Постоев Г.П.

Институт геоэкологии им Е.М. Сергеева РАН, Москва, Россия

Рассматриваются условия развития оползней и селей на вулканах. Отмечается, что причиной активизации селей на склонах вулканов является возникновение и развитие оползней различных типов. Особую опасность представляют глубокие массивные оползни, захватывающие значительную часть вулканической постройки, подвижки которых могут перекрывать каналы подъема магмы с возникновением условий для проявления разрушительного извержения в виде «направленного взрыва». Представлено описание механизма развития глубокого оползня, формирование которого связано с возникновением предельного состояния на потенциально деформирующемся горизонте вулканической постройки под возрастающим давлением верхних пластов вулканических отложений, и даны уравнения предельного состояния. Рассмотрены факторы, определяющие активность оползней и селей на вулканах.

Ключевые слова: вулканы, глубокие оползни, предельное состояние, сели.

ABOUT LANDSLIDE AND DEBRIS FLOW HAZARDS ON VOLCANOES

Postoev G.P.

Sergeev Institute of Environmental geosciences of RAS, Moscow, Russia

The conditions of development of landslides and mudflows on volcanoes are considered. It is noted that the reasons for the activation mudflows on the slopes of the volcanoes results from the formation of landslides of different types. The particular danger represent deep massive landslides, which involve into displacement significant part of the cone. These displacements can block the channels of the rise of magma, forming the conditions of the development of destructive eruptions in the form of the "directed blast". The mechanism of the development of deep landslides is explained. The formation of deep landslides is connected with the occurrence of the limiting state at the potentially deformable horizon of the volcanic cone under the conditions of the increasing pressure of the upper layers of volcanic deposits. The equations of the limiting state are given. The factors that determine the intensity of landslides and mudflows on the volcanoes are considered.

Key words: volcanoes, deep landslides, limiting condition, mudflow.

Известно, что преобразование поверхности вулканов связано не только с периодическими извержениями, но и с развитием оползневых и селевых процессов. В Курило-Камчатском регионе действует 68 вулканов с почти ежегодным извержением какого-либо из них. Активная оползневая деятельность, а также и развитие селевых потоков, отмечается на многих вулканах, как действующих, так и потухших. Причиной активизации селей на склонах вулканов нередко являются оползневые подвижки. Активная вулканическая деятельность, крутые склоны, сейсмические воздействия благоприятствуют развитию оползневого процесса с проявлением оползней всех типов (Постоев и др., 2001). Среди них особую опасность представляют глубокие массивные оползни, захватывающие значительную часть вулканической постройки, подвижки которых могут перекрывать каналы подъема магмы с возникновением условий для проявления разрушительного извержения в виде «направленного взрыва». Подобное катастрофическое событие произошло в мае 1980 г. на северо-западе США при оползании массива верхней части вулкана Сент-Хеленс и последующего его извержения. Оползневое перемещение крупных массивов вулканической постройки способствует образованию при извержении своеобразных овальных кратеров (рис.1). При этом происходит взаимовлияние процессов извержения магмы и оползневых подвижек с созданием условий, благоприятных к проявлению взрывного характера извержения (чередование перекрытия и освобождения выводного канала вулкана). Мелекесцевым И.В. и Брайцевой О.А. выявлено свыше 100 гигантских обвально-оползневых цирков на вулканах

Камчатки и Курильских островов, большинство из которых имеет голоценовый возраст. И в катастрофических извержениях на вулканах Харимкотан (1933 г.), Безымянный (1956 г.) и Шивелуч (1964 г.) проявились следы глубоких оползневых подвижек.

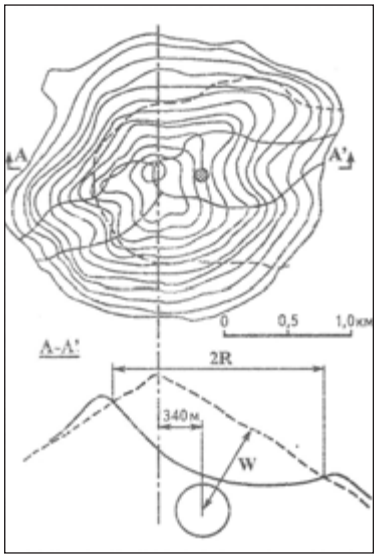


Рисунок 1. План и схематический разрез по створу А-А’ влк. Безымянный (Адушкин и др., 1990 г.). Контур овальной выемки после катастрофического извержения, произошедшего в марте 1956 г., на плане показан пунктиром и на разрезе А-А’ – сплошной линией.

В соответствии с механизмом развития глубокого оползня на этапе подготовки оползневого массива в вулканической постройке происходит сжатие (раздавливание) вулканических отложений под весом вышележащих, прилегающих к куполу слоев. При этом в грунтах, прочность структурного каркаса которых ниже возрастающего давления верхних пластов, действует боковой распор (распорное горизонтальное давление). Данному активному распорному давлению противодействует со стороны склона меньшее относительно постоянное (вес склоновых отложений - пригрузка) горизонтальное давление в потенциально деформирующемся горизонте вулканической постройки. Когда величина вертикальной указанной пригрузки оказывается недостаточной, чтобы уравновесить возрастающее активное распорное давление, центральная часть вулканического массива, оседает и отделяется от тыловой части отвесной трещиной (стенкой срыва). Отделившийся массив смещается по почти горизонтальной поверхности скольжения, пересекающей центральный и побочные вертикальные каналы вулкана (рис. 2).

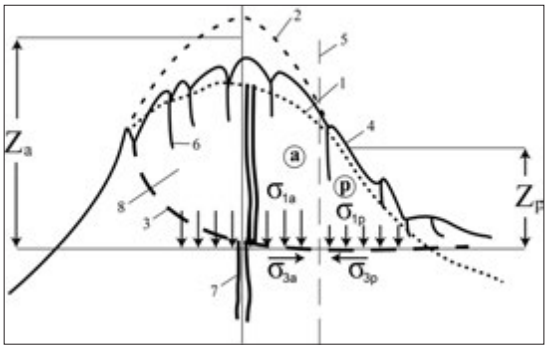


Рисунок 2. Схема к анализу формирования предельного состояния и поверхности скольжения глубокого оползня в массиве вулкана.
1 – контур промежуточного положения купола вулканической постройки; 2 – контур купола после извержений; 3 – поверхность скольжения глубокого оползня; 4 – контур вулкана вследствие оползневой подвижки; а и р – зоны соответственно активного вертикального давления растущего купола и пассивного давления склоновых отложений на горизонт формирования предельного состояния и поверхностискольжения; 5 – граница между зонами «а» и «р»; 6 – оползневые трещины; 7 – выводной канал; 8 – тело оползня.

Уравнение предельного равновесия вулканической постройки, когда массив вулкана проседает под увеличивающейся нагрузкой растущего вследствие извержения вершинного купола, имеет вид (Постоев, 2013 г.)

$$\sigma_{1a,cr} - \sigma_{str} = \frac{1}{m^2} \cdot \sigma_{1p,cr}, \qquad (1)$$

где $\sigma_{1a,cr}$ – предельное значение вертикального давления толщи вулканических отложений центральной части конуса над горизонтом формирования поверхности скольжения глубокого оползня, $\sigma_{1a,cr}=\gamma Z_a$ (где γ – средний удельный вес грунтов, залегающих над рассматриваемым горизонтом); $\sigma_{1p,cr}$ – предельное значение вертикального давления склоновых отложений вулканической постройки, осуществляющих пассивную пригрузку формируемого тела оползня, $\sigma_{1p,cr} = \gamma Z_p$; σ_{str} и φ – средние значения структурной прочности и угла внутреннего трения грунтов, залегающих на горизонте образования пологой части поверхности скольжения в массиве вулкана, $\sigma_{str} = 2c \cdot tg(45+\varphi/2)$; m – коэффициент бокового давления грунта в предельном состоянии по Кулону-Мору, $m = tg^2(45-\varphi/2)$

В соответствии с формулой (1) формирование глубокого оползня в массиве вулкана подобно нарушению несущей способности грунтового основания под фундаментом. Как и в грунтовом основании в активной зоне (а) происходит рост вертикального давления σ_{1a}. Под действием σ_{1a} в массиве возникают распорные горизонтальные напряжения, которые, принимая дневную поверхность массива мощностью Z_a горизонтальной (при этом напряжения, нормальные к горизонтальным площадкам являются главными), определяются по выражению $\sigma_{3a} = \sigma_{2a} = \sigma_{1a}\ tg^2(45-\varphi/2)$. Предельное состояние на глубине Z_a, возникает, когда фактическое значение пригрузки γZ_p становится критическим, практически остающимся постоянным при росте σ_{1a}.

Оползневое деформирование вулканической постройки может происходить и по другому механизму. Выводной (питающий) канал 7 (см. рис.2), в результате временного прекращения извержения, на горизонте возможного формирования поверхности скольжения может быть перекрыт застывшей лавой. При возобновлении извержения может образоваться побочный вулкан с выходом магмы на откос вулкана. При этом давление магмы и образование кратера могут снизить пригрузку γZ_p до критического уровня. Предельное состояние массива на рассматриваемом горизонте формирования поверхности скольжения, как установлено для блоковых оползней, описывается уравнением:

$$\sigma_{1a,cr} - \sigma_{str} = \frac{\pi}{2} \cdot \sigma_{1p,cr} \qquad (2)$$

Здесь формирование предельного состояния происходит вследствие разгрузки напряжений σ_{1p} (под откосом) при σ_{1a}=const (под куполом вулкана).

Разработанная технология позволяет выявлять потенциально деформирующийся горизонт в вулканической постройке для прогнозирования возможного развития глубоких оползневых подвижек. Следует отметить, что смещающийся оползневой массив в процессе формирования и движения разбивается на отдельные блоки с образованием на склонах ряда глубоких трещин, по которым возможна активизация селевого процесса. Кроме угрозы разрушительного извержения вследствие перекрытия каналов телом оползня имеется опасность катастрофического спуска (по оползневым трещинам) верхних озер (в виде селя), которые нередко образуются в кальдерах.

Опасность развития глубоких оползневых подвижек вулканических построек и их вли-

яние на катастрофический характер возможных извержений требует необходимости мониторинга не только за осадками вулканов, но и за их смещениями по оползневому механизму.

Литература

1. Постоев Г.П., Шеко А.И., Крестин Б.М. Катастрофические оползни, связанные с вулканической деятельностью // Гидрогеология, инж. геология. Обзор. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001. 35 с.
2. Адушкин В.В., Перник Л.М., Скоблин М.Г. Об энергии вулканических взрывов // Вулканол. и сейсмология.1990. №4. С. 60-66.
3. Постоев Г.П. Предельное состояние и деформации грунтов в массиве (оползни, карстовые провалы, осадки грунтовых оснований) М.; СПб.: Нестор-История, 2013. 100 с.

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ НА ВУЛКАНЕ ШИВЕЛУЧ: ЭНДОГЕННЫЙ МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ЛАХАРОВ НА АНДЕЗИТОВЫХ ВУЛКАНАХ

[1]Сейнова И.Б., [1]Черноморец С.С., [2]Демянчук Ю.В.

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия
[2] Камчатская вулканологиченская станция Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Ключи, Россия

DEBRIS FLOWS ON SHIVELUCH VOLCANO: ENDOGENIC MECHANISM OF LAHAR FORMATION ON ANDESITE VOLCANOES.

[1]Seynova I.B., [1]Chernomorets S.S., [2]Demyanchuk Y.V.

[1] Moscow State University named by M.V. Lomonosov, Moscow, Russia
[2] Kamchatka Volcanological Station of the Institute of Volcanology and Seismology, Far East Branch of the Russian Acvademy of Sciences, Klyuchi, Russia

В результате анализа вулканической деятельности Шивелуча в современном и историческом масштабах времени нами установлено,что действующим фактором формирования лахаров являются пирокластические потоки,характерные для извержений андезитовых вулканов. Их феноминальная особенность состоит в единовременном образовании твердой и жидкой составляющих грязекаменных массы в условиях супервысоких температур. В статье рассматривается эндогенный механизм зарождения вулканических селей нивального (снегового) генезиса под воздействием фреатомагматических взрывов.
На основе опубликованных данных об извержениях Молодого Шивелуча и исследований авторов отложений пирокластических потоков и нивальных лахаров во время экспедиций 2008-2013 гг., были выделены значимые факторы их формирования на фазе перехода от вулканических процессов к гидрологическим.

Ключевые слова: лахар, пирокластический поток,фреатомагматический взрыв.

Стратовулкан Шивелуч является крупнейшей вулканической постройкой на Камчатке с абсолютной высотой Главной вершины 3283 м. Поперечник его основания, включая аккумулятивные равнины подножий, равен 50 км, площадь составляет 1300 км^2, объем порядка 1000 км^3 (Мелекесцев и др.,1991). Его строение асимметрично, что обусловлено гигантским взрывом, разрушившим 30 тысяч лет назад центральный и южный сектора Старого Шивелуча с ледниками, на месте которых образовалась кальдера до 9 км в поперечнике. В процессе формирования нового купола Молодого Шивелуча происходили сильнейшие пароксизмальные извержения, что в 10 раз чаще, чем на других вулканах Камчатки. В результате взрыва вулкана извергались палящие пирокластические потоки и тучи, с огромной скоростью несущиеся по склонам (Жаринов,Демянчук, 2013). Постоянно возобновляемые рыхлые отложения пирокластических потоков представляют неисчерпаемые запасы твердого материала, который при размыве водными потоками превращается в грязекаменную массу лахара.

Анализ характера извержений Молодого Шивелуча за время с 1854 г. по 30 января 2014 г. позволяет сделать вывод о ведущей роли эндогенного фактора в формировании лахаров, которым является сход пирокластических потоков на завершающем этапе эруптивной деятельности андезитовых вулканов.

Пирокластический поток (ПП) является сложным вулканогенным образованием, в единой системе которого происходит ярусная диффренциация фракционного состава изверженного материала. Более крупная часть его фракции потоками стекает со склонов

в сопровождении летучих частиц пирокластики газо-пепловых облаков и шлейфов приземных волн (Гирина, 1998, 2007) (рис. 1). Такой тип извержений представляет собой скоростной высокоэнергетический процесс с охватом за короткое время значительной части постройки вулкана и воздушного пространства над ним. С его мощной тепловой энергией связан феномен зарождения селей нивально-вулканического генезиса, который заключается в единовременном образовании как твердой (раскаленный агломерат в долинах рек), так и жидкой (интенсивное стокообразование в результате таяния снега на склонах) составляющих грязекаменной массы нивальных лахаров.

Рисунок 1. Извержение пирокластического потока на Шивелуче. Фото Ю.В. Демянчука, 3 декабря 2013 г.

В период наблюдений за вулканической активностью Молодого Шивелуча с 1964 по 2013 годы установлено, что во всех известных случаях формированию лахаров предшествовал сход пирокластических потоков (Жаринов, Демянчук, 2013). Их раскаленный агломерат, образовавшись из раздробленного взрывной волной магматического вещества, приобретал свойства высокой подвижности и способности, подобно жидкости, перемещаться по склонам и заполнять долины рек. Движущая сила ПП обьясняется высокой насыщенностью ювенильными газами, автоэксплозивностью изверженного материала, обусловленной выделением растворенного газа из стекловидных частиц, нагреванием и расширением воздуха, захваченного в процессе движения (Малеев,1969). Лавина огня, состоящая из суспензии газов и раскаленного ювенильного и твердого материала разрушенной постройки, устремляется к подножью вулкана, выравнивая поверхности склонов и заполняя долины рек. Первично раскаленный до 1000°С агломерат остывает на фазе его аккумуляции до 600°С.(Федотов и др., 2004). На его пути сгорают леса, испаряются снега, лёд, вода в реках и озерах, и остаются безводные, подобно пустыне, песчаные пространства. Трансформация сохраняющих высокую температуру в течении многих лет отложений пирокластики в жидкую грязекаменную массу осуществляется в результате внешнего воздействия водного стока.

Эксклюзивная роль в формировании водного стока лахаров принадлежит приземным пирокластическим волнам - неотьемлемой субстанции в системе пирокластических потоков. Пирокластические волны представляют собой суспензионные потоки слабонасыщенные обломочным материалом, частицы которого перемещаются турбулентно под влиянием сил гравитации. Важными чертами пирокластических волн является отложение материала на большой площади и низкие температуры в сравнении с раскаленным наземным потоком (Артемьева и др., 2006). По нашему мнению для образования водного стока лахаров необходима температура присущая волнам, способным растопить, а не «опалить» снег, превращая его в пар. Тепловое воздействие приземных волн на пространства заснеженных склонов, не

затронутые наземным потоком, приводит к формированию значительных объемов водного стока, достигающего дна долин, заполненных его раскаленными отложениями.

Ярусность структуры изверженного вещества в пирокластическом потоке определяет феноминальную особенность механизма зарождения нивальных лахаров, заключающуюся в мощном энергетическом потенциале, обусловленном взаимодействием противоположных по своей физической сути стихий воды и огня. На контактах раскаленной пирокластической породы с талыми водами возникают серии фреатомагматических взрывов и над долиной поднимается сплошная стена перегретого пара. Начальные порции водного стока превращаются в пар и при малом обьеме испаряются полностью, что зачастую исключает образование лахаров. В результате выбросов вулканической породы на месте взрывов возникает линейная цепочка воронок, на дне которых, после предварительного охлаждения поверхностного слоя в результате интенсивного испарения, концентрируются вновь поступающие потоки талых вод. С этого периода начинается лавинообразный размыв чрезвычайно сыпучего пирокластического материала в сопровождении непрерывной канонады взрывов пара при обрушении в воду неостывших блоков. Механическое воздействие взрывов приводит к разрыхлению и охлаждению вулканического агломерата, необходимой фазы его трансформации в грязекаменную массу. Вулканогенный селевой процесс завершается образованием глубоких и протяженных эрозионных врезов в днища речных долин,по которым к подножью вулкана сбрасывается сформировавшаяся в них же грязекаменная масса. Очевидно, что для образования нивальных лахаров необходим значительный обьем талого стока,что определяет реализацию процесса и его масштабы.

За период наблюдений с 1964 по 2013 гг. было отмечено 7 случаев схода лахаров при извержении Молодого Шивелуча: 12 ноября 1964 г., 22 апреля 1993 г., 19-22 мая, 2001 г., 9-10 мая 2004 г., 27 февраля 2005 г., 17 февраля 2008 г., 19 апреля 2012 г. (Жаринов, Демянчук, 2008). Из них в 4 случаях формирование нивальных лахаров происходило во время весеннего снеготаяния, 2 случая было в зимний период, один осенью и ни одного случая в летний период. Согласно этим данным, лахароопасный период на вулкане может продолжаться при устойчивом снежном покрове в течении 7 месяцев, с ноября по май включительно.

Снежный покров выполняет роль потенциального массива водной составляющей нивальных лахаров. К весеннему сезону накапливаются его максимальные запасы. При наложении на волну снеготаяния талого стока за счет вулканического тепла значительно возрастает энергия эрозионных процессов,что приводит к зарождению особо крупных лахаров нивального генезиса. Ярким свидетельством тому является событие образования на Камчатке грандиозного лахара при взрыве андезитового вулкана Безымянный 30 марта 1956 г. «Если бы катаклизм подобной мощи произошел где-нибудь в Средиземноморье, Японии или Индонезии, количество жертв исчислялось бы сотнями тысяч» (Тазиев, 1987). Экстремальный лахар образовался при сочетании к единому моменту времени вулканических и климатических факторов на уровне их максимально возможного проявления. Его образующим водным импульсом явилось единовременное таяние снежного покрова на площади в 500 км2, под воздействием палящей тучи в сезон максимального снегонакопления. (Горшков, Богоявленская, 1965). Запасы снеготаяния являются значимым предиктором лахарообразования наряду с вулканическими факторами. Только в результате их симбиоза возникает феномен зарождения нивальных лахаров, что необходимо учитывать при оценке и прогнозировании селевой опасности.

Современный период роста нового купола Молодого Шивелуча характеризуется высокой скоростью поступления на поверхность экструзивных лав. Тенденция прогрессирующего этапа вулканической деятельности ведет к увеличению частоты извержений пирокластических потоков, вызывающих сход лахаров. Анализ реальных событий вулканической деятельности за исторический период времени показал, что ПП образуются при всех типах

извержений, характерных для андезитовых вулканов.

В статье впервые рассматривается эндогенный механизм зарождения селевых потоков на фазе перехода от вулканических процессов к гидрологическим, провоцируемый энергией парогазовых взрывов при контактах раскаленных отложений пирокластических потоков с водным стоком.

Установлены критериальные условия предопределяющие сход лахаров:

а) характерный для андезитовых вулканов эксплозивно-экструзивный тип извержений пирокластических потоков, при котором происходит одновременное образование твердой и жидкой составляющих грязекаменной массы лахаров.

б) наличие значительных запасов снежного покрова, лимитирующее временные периоды образования лахаров.

Несмотря на активизацию лахаров вследствие прогрессирующего этапа современной вулканической деятельности, их сход в обозримое время, как и в прошлом, будет оставаться безопасным для ближайших поселков Ключи и Козыревского. Воздействию разрушительных потоков будут подвергаться транспортные магистрали и людской поток, следующий по ним в периоды схода лахаров.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 14-05-00768).

Литература

1. Артемьева Н., Белоусов А., Войт Б., Белоусова М. Численное моделирование направленного взрыва извержения вулкана Безымянного в 1956г.// Материалы международного симпозиума «Проблемы эксплозивного вулканизма». К 50летию катастрофического извержения вулкана Безымянный 25-30 марта 2006 г. Петропавловск-Камчатский, 2006, с. 58-62.
2. Гирина О.А. Пирокластические отложения современных извержений андезитовых вулканов Камчатки и их инженерно-геологические особенности. Институт вулканической геологии и геохимии ДВО РАН. Владивосток: Дальнаука, 1998, 174 с .
3. Горшков Г.С., Богоявленская Г.Е. Вулкан Безымянный и особенности его последнего извержения 1955-1956 гг. М.: Наука, 1965, 172 с
4. Жаринов Н.А., Демянчук Ю.В. Крупные зксплозивные извержения вулкана Шивелуч (Камчатка) с частичным разрушением экструзивного купола 28 февраля 2005 г. и 27 октября 2010 г.//Вулканология и сейсмология, 2013, № 2, с. 48-62.
5. Жаринов Н.А., Демянчук Ю.В. Рост экструзивного купола Шивелуч (Камчатка) в 1980-2007 гг. по геодезическим наблюдениям и видеосъемке. //Вулканология и сейсмология, 2008, №4, с.3-13.
6. Малеев Е.Ф. Агломератовые пирокластические потоки. // Вулканические фации Камчатки. М.: Наука, 1969, с. 5-19.
7. Мелекесцев И.В., Волынец О.Н., Ермаков В.А., Кирсанова Т.П., Масеренков Ю.П. Вулкан Шивелуч.//Действующие вулканы Камчатки. 1991. В 2 тт. Т.1. М.: Наука. с.84-103.
8. Тазиев Г. На вулканах. М.: Мир. 1987. 263 с.
9. Федотов С.А., Жаринов Н.А., Двигало В.Н. и др. Эруптивный цикл вулкана Шивелуч в 2001-2004 гг.//Вулканология и сейсмология, 2004, № 6, с.3-14.

Раздел V
Механика селей, численное и физическое моделирование

Part V
Dynamic analysis of debris flows

ЭВОЛЮЦИЯ СЕЛЕВОЙ ГЕОСИСТЕМЫ КАК ПРОЦЕСС САМООРГАНИЗАЦИИ УПОРЯДОЧЕННЫХ СТРУКТУР

Казаков Н.А.

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,
Сахалинский филиал, Южно-Сахалинск, Россия*

Эволюция селевой геосистемы представляет собой непрерывный процесс самоорганизации упорядоченных структур. Селевой процесс как процесс самоорганизации упорядоченных структур можно описать как последовательность автономных стадий самоорганизации системы, благодаря чему система переходит в одно из многих допустимых равновероятных состояний. Финальным состоянием эволюционирующей физической системы является прекращение её эволюции при переходе в статическую фазу (формирование селевых отложений), достигаемое через прохождение системы через состояние динамического хаоса (сель). Эволюцию селевой геосистемы (триггерной геосистемы) можно представить как непрерывную смену равновесных и неустойчивых состояний.

Ключевые слова: сель, селевой процесс, селевая геосистема, самоорганизация упорядоченных структур.

EVOLUTION OF THE DEBRIS-FLOW GEOSYSTEM AS PROCESS OF SELF-ORGANIZATION OF THE ORDERED STRUCTURES

Kazakov N.A.

Far East Geological institute FEB RAS, Sakhalin department, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

A debris-flow geosystems include: a debris-flow basin, a potential debris-flow massif (a massif of detrital loose rocks in debris-flow basin), debris-flow and a debris-flow deposits. It is the nonlinear system with the chaotic conduct. A debris-flow geosystems can be described as dissipative system in which consistently there self-organization of ordered structures: a spatially inhomogeneous structure (represented in the structure of a potential debris-flow massive), after – a temporal periodic structure (auto waves of potential debris-flow massive represented by the system) and then - a space-temporal periodic (a debris-flow).

Key words: debris-flows, debris-flow process, debris-flow geosystems, self-organization of ordered structures.

Введение

При изучении селевых процессов исследователь сталкивается с рядом феноменов, не получивших достаточно убедительного объяснения в рамках классических представлений, сложившихся в инженерной геологии и гидрологии: например, с феноменом возникновения селевых волн, который нельзя объяснить только заторным характером движения селя.

Селевой процесс (формирование в селевом очаге массива рыхлообломочных пород, движение селя, аккумуляция селевых отложений) необходимо рассматривать не как гидрологический или гравитационный процесс, но как явление более сложного характера.

Селевые геосистемы удовлетворяют условиям возникновения диссипативных структур (Ebeling, 1976; Haken, 1983; Berge & all., 1988; Летников, 1992): являются открытыми неравновесными системами; селевые процессы нелинейны. Как нелинейные системы с хаотическим поведением, содержащие неограниченно большое число элементов (подсистем), селевые геосистемы можно описывать как самоорганизующиеся системы, в которых последовательно происходит самоорганизация упорядоченных структур.

Постановка задачи

Селевой процесс можно описать как детерминированный упорядоченно-стохастический процесс, которому присуща внутренняя связь и непрерывность. Области существования диссипативных структур в литологической компоненте селевой геосистемы и границы

их устойчивости математически могут быть описаны как странные аттракторы методами теории катастроф (Арнольд, 1990). Сель необходимо описывать как динамическую фазу процесса эволюции литологического комплекса геосистемы. В селевой геосистеме можно выделить статическую компоненту, отображаемую в её геоморфологическом строении (селевой бассейн) и динамическую компоненту, отображаемую в литологическом комплексе.

Саморганизация упорядоченных структур в селевой гесистеме

Потенциальный селевой массив (ПСМ) - толща коллювиальных, коллювиально-делювиальных, делювиальных пород в селевом очаге, формирующаяся на склонах крутизной более 15° в результате гидрометеорологических и геологических процессов - находится в неравновесном состоянии и при определенных условиях переходит в движение, формируя турбулентный поток. В ходе эволюции системы в ней последовательно происходит самоорганизация диссипативных структур: пространственно-неоднородных (отображаемых в структуре ПСМ); временных периодических (отображаемых в системе автоволн ПСМ); пространственно-временных периодических (сель). Каждая стадия развития подсистемы «Литологическая компонента» описывается как подсистемный уровень в триггерной геосистеме, а смена стадий - как фазовые переходы с одного подсистемного уровня на другой.

Традиционно сель и ПСМ описываются как разные объекты, однако их правомерно описывать как разные стадии эволюции одного и того же объекта. Тогда сель можно описать как динамическую фазу эволюции литологической компоненты селевой геосистемы при переходе её из неравновесного состояния в статическое. Таким образом, формирование ПСМ, возникновение, движение и разгрузку селя мы можем представить как разные фазы единого непрерывного процесса эволюции литологической компоненты селевой геосистемы при переходе её из неустойчивого состояния в устойчивое. При переходе системы из неупорядоченного (хаотического) состояния в упорядоченное и вновь - в хаотическое происходит самоорганизация упорядоченных структур (Рис. 1). На разных фазах эволюции системы возникают упорядоченные структуры разных типов: 1) Равновесная фаза: формирование ПСМ в селевом очаге при геологических и гидрометеорологических процессах. 2) Неравновесная фаза: прохождение литологической компонентой цикла метаморфических преобразований вследствие морфогенеза слагающих её рыхлообломочных пород; в результате взаимодействия гравитационных и метаморфических процессов формируются упорядоченные *пространственно-неоднородные структуры:* литологическая компонента переходит в триггерное состояние, трансформируясь в сель при внешнем воздействии.

Рисунок 1. Самоорганизация упорядоченных структур в ходе эволюции селевой геосистемы.
Figure 1. The self-organization of ordered structures on evolution of debris-flow geosistem: spatially inhomogeneous structures; temporal periodic structures; periodic space-temporal structures.

1. Неравновесная фаза развития литологической компоненты. Пространственно-неоднородная структура снежного ПСМ образована кластерами элементов минерального скелета ПСМ и системой пор и отображается в их текстуре (Рис. 3). Количественно текстуру ПСМ можно описать как пространственно-неоднородную упорядоченную структуру, образованную вертикальными элементами текстуры – кластерами элементов минерального скелета (кластерами глинистых агрегатов и крупнообломочных пород ПСМ), имеющими дендритовую текстуру (рис. 3). Формирование кластеров обусловливается – электростатическими силами.

В ходе эволюции системы хаотическая ориентировка кластеров в глинистых мелкозёмах и в крупнообломочной составляющей ПСМ становится преимущественно вертикальной. Степень упорядоченности ПСМ, отображаемую в их текстуре на разных стадиях эволюции опишем, используя синергетический подход к описанию сложных систем. Эволюция селевой геосистемы является негэнтропийным процессом. Вследствие стохастичности внешних факторов цикл метаморфических преобразований структуры элементов минерального скелета ПСМ отличается достаточной вариабельностью. Однако, совокупность вероятных состояний ПСМ (фазовая траектория системы) в достаточной степени детерминирована и может описываться как странный аттрактор. Детерминированность вероятных состояний системы позволяет математически описать текстуру через понятие фрактальной размерности. Обломки пород и глинистые агрегаты в кластерах соединяются вершинами и ребрами, на которых максимальны напряжение электрического поля и концентрация водяного пара; термодинамически эти зоны неустойчивы. На ребрах кристаллов и боковых гранях элементы структуры I, II и III порядков соединяются между собой, образуя пространственную решетку (Рис. 3), которую можно описать как детерминированный фрактал (Feder,1988).

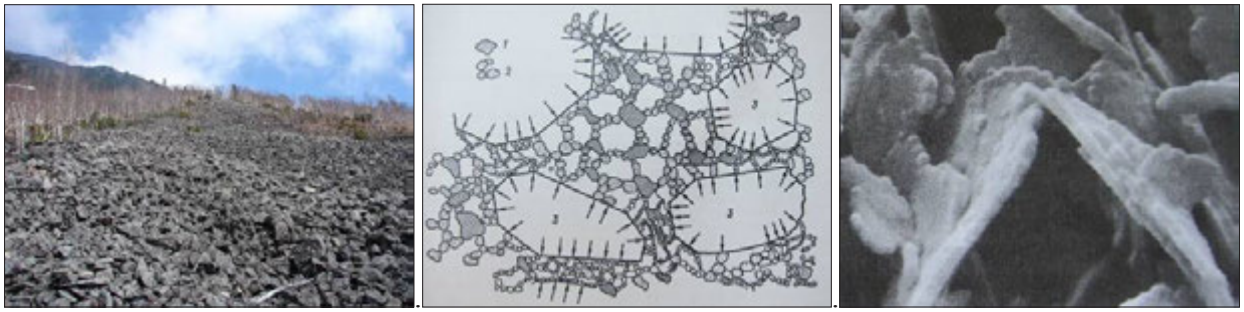


Рисунок 2. Пространственно-неоднородная упорядоченная структура ПСМ накопления (а - структура крупнообломочной фракции, о. Сахалин; структура мелкозёма ПСМ: б - структура глины, Цитович, 1983; в - вертикальный элемент текстуры – кластер глинистых агрегатов, Осипов, Соколов, 2012).

Figure 2. Spatially-heterogeneous well-organized structure of potential debris-flow array (a structure of detrital rocks fraction; structure of pit-run of potential debris-flow array: structure of clay; a vertical texel is a cluster of clay aggregates).

К неравновесной фазе эволюции литологическая компонента селевой геосистемы переходит при возникновении упорядоченной пространственно-неоднородной структуры ПСМ, образованной вертикальными элементами текстуры (кластерами минеральных частиц) и системой пор. Процесс, ведущий к образованию такой структуры, направлен на переход системы из хаотического состояния в упорядоченное и приводит к изменению её физических характеристик. При этом, уровень пространственной организации ПСМ (структура) выступает в роли параметра, определяющего степень его устойчивости к внешнему воздействию: как параметр, обуславливающий существование единого информационного поля внутри ПСМ. ПСМ с упорядоченной структурой обладает большой потенциальной энергией - энергией связи между элементами минерального скелета, которая высвобождается при разрушении этих связей и должна учитываться при расчетах динамических характеристик селей.

2. Неравновесная фаза развития литологической компоненты. В ПСМ возбуждаются свободные колебания, представленные системой изгибных волн. После самоорганизации пространственно-неоднородной структуры возможна самоорганизация *временной периодической структуры* ПСМ: как следствие его механических нелинейных автоколебаний (Казаков, 2007). Структура представлена системой стоячих поперечных волн, узлы и пучности которых занимают в селевом очаге определенное положение. Дилатансия на участках перегибов тальвега селевого очага приводит к разрушению связности ПСМ и формированию селя. Частота, амплитуда и интенсивность колебаний ПСМ определяются сложным кооперативным взаимодействием разных процессов, происходящих в ПСМ, и ведущих к его стабилизации или дестабилизации. Линейные размеры системы – десятки и сотни метров – определяют диапазон частот: от десятых долей до первых герц: область инфранизких частот.

3. Динамическая фаза развития литологической компоненты. Формируется и движется сель: поток (квазипоток), в котором происходит самоорганизация *периодической пространственно-временной структуры,* отображаемой как цуг периодических (апериодических) волн. Процессы внутри селя описываются как динамический хаос. Фронт селя можно описать как поперечную волну, скорость роста, размеры и форма которой определяются диссипативными процессами в ее подошве. Форма и время существования волны зависят от реологических свойств ПСМ, обуславливающих изменение баланса скоростей в подошве и на гребне волны. Волна разрушается либо вследствие расплывания при $U_1>U_2$, либо вследствие обрушения гребня $U_1<U_2$, где U_1 – скорость подошвы волны, U_2 – скорость её гребня (Рис. 4). Волну можно описать как *пространственно-временную периодическую структуру*. Математически волна описывается как уединенная волна: солитон (Казаков, 1999; Kazakov, Minervin, 2000).

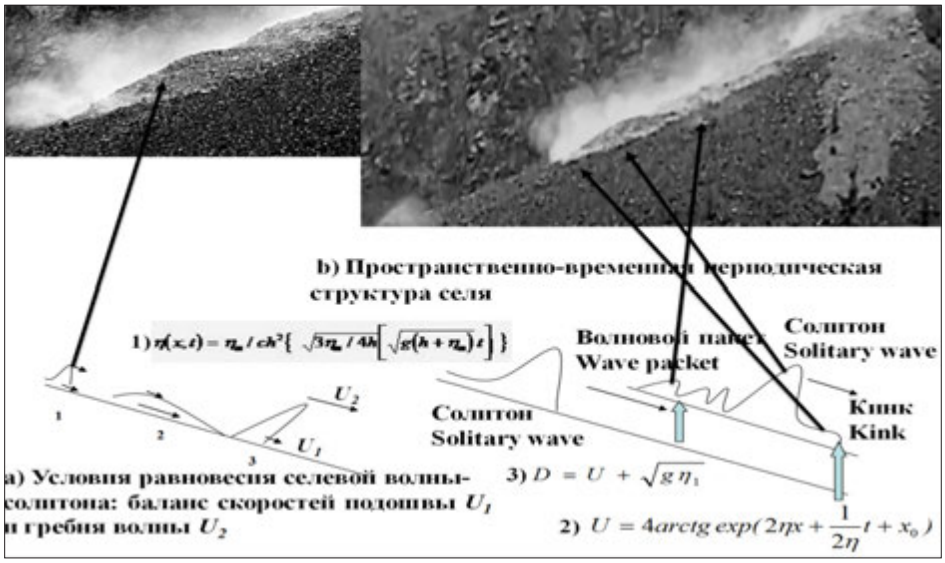


Рисунок 3. Пространственно-временные периодические структуры, возникающие при движении селя.
Figure 3. Spatial-temporary periodic structures of an debris-flow (a - Conditions of balance of an debris-flow soliton: balance of speed of movement of a sole and a wave crest; b) Spatial - temporary periodic structures of an debris-flow).

Вследствие диссипативных процессов как избыток массы волна должна распадаться на серию волн – волновой пакет, дисперсия которого в нелинейной среде – селе – должна приводить к возникновению нелинейных волн и их самоорганизации в периодические пространственно-временные структуры, визуально наблюдаемые как волновой цуг. Периодическую структуру селя можно описать как цуг периодических волн, на фронте которого формируется уединенная волна – кинк. Описания селей позволяют принять это утверждение. Формы пиков на графиках распределения толщины селевого тела, форма и характер

движения фронта селя соответствуют описаниям солитонов. Среда, в которой формируется и движется сель - массив рыхлообломочных пород с разрушенной структурной связностью.

4. Фаза вырождения системы (статическая). После остановки селя и аккумуляции отложений геосистема переходит в статическое состояние: её эволюция завершается.

Заключение

Эволюция селевой геосистемы представляет собой непрерывный процесс самоорганизации упорядоченных структур. Каждую стадию эволюции геосистемы можно описать как подсистемный уровень в триггерной геосистеме, а смену состояний системы, обусловленную физическими процессами, происходящими внутри системы - как фазовые переходы с одного подсистемного уровня на другой. Селевой процесс как процесс самоорганизации упорядоченных структур представляет собой последовательность автономных стадий самоорганизации системы, при которых система переходит в одно из многих допустимых равновероятных состояний. Финальным состоянием эволюционирующей физической системы (ПСМ) является прекращение её эволюции при переходе в статическую фазу (формирование селевых отложений), достигаемое через прохождение системы через состояние динамического хаоса (сель). Эволюцию селевой геосистемы (триггерной геосистемы) можно представить как непрерывную смену равновесных и неустойчивых состояний.

Литература

1. Арнольд В.И. Теория катастроф. М., Наука, 1990. 127 с.
2. Казаков Н.А. Волновая динамика селей. //Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология 1999. С. 33-49.
3. Казаков Н.А. Сейсмогенные факторы селевого процесса в низкогорье (на примере о. Сахалин). // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. № 1, 2007. С. 75-81.
4. Летников Ф.А. Синергетика геологических систем. Новосибирск: Наука, 1992.229с.
5. Осипов В.И., Соколов В.Н. Глины и их свойства. М.: ИПК «Панорама», 2012. 575с.
6. Цытович Н.А. Механика грунтов. М.: Высшая школа, 1983. 288 с.
7. Berge P., Pomeau Y., Vidal C. L’Ordere Dans Le Chaos. Paris: Hermann, Nouvelle edition corrigee. 1988.
8. Ebeling W. Strukturbildung bei irreversiblen Prozessen. BSB B. G. Teubner. Verlagessellshaft. 1976.
9. Feder E. 1988. Fractals. Plenum Press, NewYork
10. Haken H. Advanced Sinergetics. Springer -Verlag, Ser.Sinergetics, Berlin, Heidelberg.1983.
11. Kazakov N.A., Minervin I.G. Mechanism of formation the debris - flow wawes in coherent debris-flows generation by rain. //Proceedings of the Second International Conference of Debris - flow, Taipei, Taiwan. Rotterdam: Balkema, 2000. – С. 397 – 402.

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ ГРУППЫ’ПАЛЫГОРСКИТА-СЕПИОЛИТА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕСВЯЗНЫХ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ

Расцветаева Р.К., Аксенов С.М.

Институт кристаллографии РАН, Москва, Россия

Одним из условий формирования связных селевых потоков является наличие достаточного количества продуктов выветривания горных пород, особенно в виде тонкодисперсных глинистых фракций. Интенсивность селевых потоков может быть обусловлена строением составляющих эти фракции минералов и содержанием в их составе воды. В частности, среди глинистых минералов широко распространены палысепиолы (минералы группы палыгорскита и сепиолита), характерные для осадочных пород как древних, так и современных. Они образуются в результате твердофазных реакций и имеют структуру, промежуточную между слоистой (слюды) и ленточной (амфиболы). Нами исследовано методом монокристального рентгеноструктурного анализа строение одного из представителей этой группы – Ca-туперссуатсиаита, структура которого свидетельствует о специфических условиях его образования.

Ключевые слова: глинистые минералы, палысепиолы, кристаллическая структура, Ca-туперссуатсиаит.

STRUCTURAL FEATURES OF CLAY PALIGORSKITE-SEPIOLITE GROUP MINERALS AND THEIR INFLUENCE ON THE FORMATION OF COHERENT DEBRIS FLOWS

Rastsvetaeva R.K., Aksenov S.M.

Institute of Crystallography RAS, Moscow, Russia

One of the conditions to the formation of coherent debris flows is the presence of silicate clay minerals in the fraction of splitting rocks. The structure of these minerals and content of water molecules are very important. Palygorskite and sepiolite are widespread minerals characteristic of both ancient sedimentary rocks and modern sediments. Minerals of this palesepiole group can be considered as the products of solid-phase reactions whose structures are intermediates between layer and ribbon structures. A sample of a new representative of the palesepiole Ca-tuperssuatsiaite from Namibia has been studied by single crystal X-ray diffraction.

Key words: clay minerals, palesepiole, crystal structure, Ca-tuperssuatsiaite.

Одним из условий формирования связных селевых потоков является наличие достаточного количества продуктов выветривания горных пород, особенно в виде тонкодисперсных глинистых фракций. Интенсивность селевых потоков может быть обусловлена строением составляющих эти фракции минералов и содержанием в их составе воды. В частности, среди глинистых минералов широко распространены палысепиолы (минералы группы палыгорскита и сепиолита), характерные для осадочных пород как древних, так и современных (Расцветаева, 2011). Палысепиолы обладают высокой микропористостью, определяющей особенности их физико-химических свойств, в том числе сорбцию, обменные реакции, каталитическую активность.

Группа палысепиолов, кроме *палыгорскита* $[(Mg,Al)_5][(Si,Al)_8O_{20}](OH)_2{\cdot}8H_2O$ (Chisholm, 1992) и *сепиолита* $[Mg_8][Si_{12}O_{30}](OH)_4{\cdot}12H_2O$ (Post. 2007), включает *калиферсит* $(K,Na)_5[Fe^{3+}{}_3][Fe^{3+}{}_6][Si_{20}O_{50}](OH)_6{\cdot}12H_2O$ (Ferraris, 1998), *раит* $Na[Mn^{2+}{}_3Na_2][Si_8O_{20}](OH)_4{\cdot}10H_2O$ (Пущаровский, 1999), *плюмбофиллит* $[Pb_4][Si_8O_{20}]{\cdot}2H_2O$ (Kampf, 2009), *туперссуатсиаит* $Na_2Fe^{3+}{}_3[Si_8O_{20}](OH)_2{\cdot}4H_2O$ (Camara, 2002) и *Mn-туперссуатсиаит* $[Na_2(Mn,Fe)_2(Fe,Mn)][Si_8O_{20}](OH)_2{\cdot}6H_2O$ (Camara, 2002), *йофортьерит* $(Mn,Mg,Fe^{3+})_5[Si_8O_{20}](OH,H_2O)_2{\cdot}7H_2O$ (Hawthorne, 2013) и *виндхукит* $Ca_2Fe^{3+}{}_3[(Si,Al)_8O_{20}](OH)_4{\cdot}10H_2O$ (Chukanov, 2012), которые известны в коре выветривания осадочных и изверженных пород и играют существенную роль в некоторых глинах. Они образуются в результате твердофазных реакций и имеют структуру, промежуточную между слоистой (слюды) и ленточной (амфиболы). Основу их структуры составляет гофрированный слой $[Si_8O_{20}]$ с шестерными кремнекис-

лородными кольцами и объединяющие их амфиболовые ленты из реберносвязанных октаэдров Na, Fe, Mn и Ca. Между лентами образуется свободное пространство в виде каналов, заполненных, главным образом, молекулами воды, а также катионами калия и натрия.

Мы исследовали методом монокристального рентгеноструктурного анализа строение нового представителя этой группы – Ca-туперссуатсиаита из поздней ассоциации в породах карьера Арис (Виндхук, Намибия) (Расцветаева, 2012). Туперссуатсиаит – гидротермальный минерал, найденный в пегматитах и гидротермальных жилах. По сравнению с туперссуатсиаитом (Fe) и Mn- туперссуатсиаитом Ca-туперссуатсиаит содержит наибольшее количество воды (5 молекул) и гидроксильных групп (8 OH-групп) на формулу. В отличие от моноклинных (пр. гр. *C*2/*m*) Fe- и Mn-минералов, Ca-туперссуатсиаит псевдомоноклинный и характеризуется триклинной ячейкой a = 5.253(1), *b* = 17.901(1), *c* = 13.727(1) Å, α = 90.02(1), β = 97.28(1), γ = 89.95(1)°, с пространственной группой *P*-1. Особенностью его структуры является расщепление ряда Si-позиций, в результате чего формируются два статистически реализующихся варианта слоя с Si-тетраэдрами двух ориентаций (рис. 1). Октаэдрические ленты в минералах группы различаются не только составом, но и шириной. Так, в палыгорските они состоят из Mg-октаэдров, которые вдоль ленты чередуются в соотношении 2:3, а в сепиолите 4:4. В изученном минерале присутствуют ленты двух типов: широкая четырехрядная лента состоит из трех Fe- и одного Ca-октаэдра и узкая, двухрядная, ранее не известная в этих минералах, составлена из двух Fe-октаэлров (рис. 2). Ленты расположены в шахматном порядке, и каналы между ними заполнены атомами Na и молекулами воды (рис. 1).

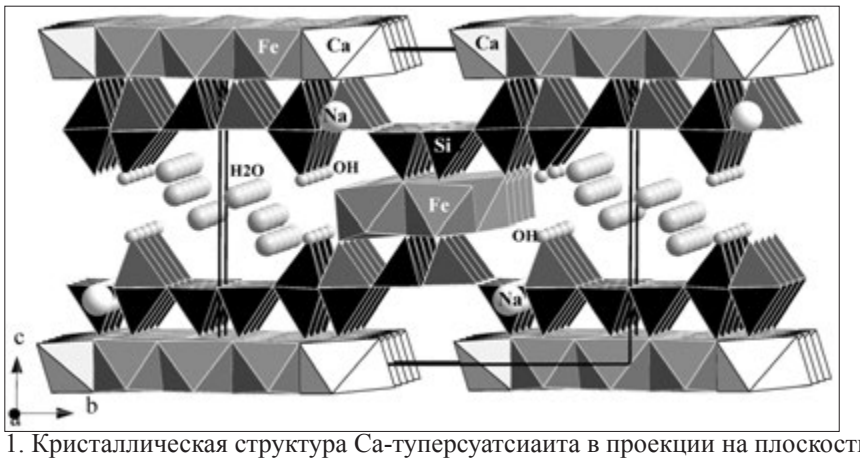


Рисунок 1. Кристаллическая структура Ca-туперсуатсиаита в проекции на плоскость (100). Тетраэдры кремния двух ориентаций образуют слои, объединяющие ленты из октаэдров Fe и Ca. Крупные сферы - атомы Na, средние – молекулы воды, мелкие – OH-группы.

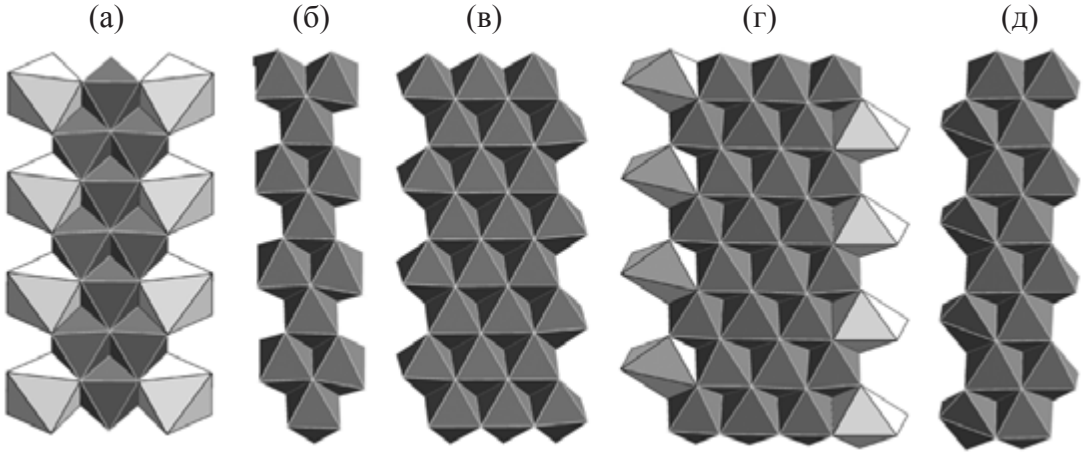


Рисунок 2. Ленты из октаэдров: (а) Mg в палыгорските, Mn в йофортьерите, Na-Mn-Fe в Mn-туперсуатсиаите, Na-Fe в туперссуатсиаите; (б, в) Fe в калиферсите; (г) Mg в сепиолите; (г, д) Ca-Fe и Fe в Ca-туперссуатсиаите соответственно.

Таким образом, Ca-туперссуатсиаит $NaCaFe_5[Si_8O_{19}(OH)](OH)_7 \cdot 5H_2O$ отличается от известных минералов группы по составу (преобладание Ca над Na в структурной позиции) и пониженной симметрией, обусловленной высокой упорядоченностью структуры, что свидетельствует о специфических условиях его образования и наибольшей уязвимости к воздействию воды. Можно предположить, что, если доля таких минералов в глинистой фракции достаточно велика, то вероятность формирования селевых потоков будет более высокой.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №14-05-31150) и Совета при Президенте РФ по грантам и государственной поддержке молодых кандидатов наук (грант МК-4990.2014.5) и ведущих научных школ (грант НШ-1072.2014.5).

Литература

1. Расцветаева Р.К., Аксенов С.М. Кристаллохимия силикатов с трехслойными ТОТ- и НОН-модулями слоистого, ленточного и смешанного типа // Кристаллография. 2011. Т. 56. № 6. С. 975-1000.
2. Chisholm, J.E. Powder-difraction patterns and structural models for palygorskite // Can. Mineral.1992. V. 30. P. 61-73.
3. Post, J. E., Bish, D. L., Heane P. J. Synchrotron powder X-ray diffraction study of the structure and dehydration behavior of sepiolite // American Mineralogist. 2007.V. 92. P. 91-97.
4. Ferraris G., Khomyakov A.P., Belluso E., Soboleva S.V. Kalifersite, a new alkaline silicate from Kola Peninsula (Russia) based on a palygorskite-sepiolite polysomatic series // Eur. J. Mineral. 1998. V. 10. P. 865-874.
5. Pushcharovsky D. Y., Pekov I. V., Pluth J. J. et al. Raite, manganonordite-(Ce), and ferronordite-(Ce) from the Lovozero massif: crystal structures and mineralogical geochemistry // Crystallography Reports. 1999. V. 44. P. 565-574.
6. Kampf A. R., Rossman G. R., Housley R. M. Plumbophyllite, a new species from the Blue Bell claims near Baker, San Bernardino County, California // American Mineralogist. 2009. V. 94. P. 1198-1204.
7. Camara F., Garvie L. A. J., Devouard B. et al. The structure of Mn-tuperssuatsiaite, a palygorskite-related mineral // American Mineralogist. 2002. V. 87. P. 1458-1463.
8. Hawthorne F.C., Abdu Y.A., Tait K.T., Back M.E. The crystal structure of Yofortierite // Canadian Mineralogist. 2013.
9. Chukanov N.V., Britvin S.N., Blass G., Belakovskiy D.I., Van K.V. Vindhoekite $Ca_2Fe^{3+}_3[(Si,Al)_8O_{20}](OH)_4 \cdot 10H_2O$, a new palygorskite-group mineral from the Aris phonolite, Namibia // European Journal of Mineralogy. 2012. V. 24. P. 171-179.
10. Расцветаева Р.К., Аксенов С.М., Верин И.А. Кристаллическая структура минерала $NaCaFe^{2+}_5[Si_8O_{18.5}(OH)_{1.5}](OH)_{5.5} \cdot 6.5H_2O$ – нового представителя группы палыгорскита // Кристаллография. 2012. Т. 57. № 1. С. 50-55.

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОБЪЁМА СЕЛЯ

[1]Сейнова И.Б., [2]Казаков Н.А.

*[1]Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
географический факультет, Москва, Россия*
*[2]Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,
Сахалинский филиал, Южно-Сахалинск, Россия*

Селевой процесс – непрерывный процесс, который включает в себя формирование потенциального селевого массива, его диагенез и морфогенез, возникновение и движение селя, разгрузку крупнообломочного и затем – тонкодисперсного материала и прохождение послеселевого паводка. При расчёте объёма селя необходимо суммировать объём крупнообломочного материала, отложившегося в конусе выноса и в зоне транзита селя, объём тонкодисперсного материала, вынесенного послеселевым паводком за границы селевого конуса выноса, и объём водной составляющей.

Ключевые слова: сель, селевой процесс, послеселевой паводок.

TO THE QUESTION ON DEFINITION OF DEBRIS-FLOW VOLUME

[1]Seinova I.B., [2]Kazakov N.A.

[1]Moscow State University named by M.V. Lomonosov, Geographical Faculty, Moscow, Russia
[2]Far East Geological Institute FEB RAS, Sakhalin department. Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Debris-flow process is an ongoing process that involves the formation of a potential debris-flow array, its diagenesis and morphogenesis, the occurrence and movement of debris-flow, discharge of coarse and then - the fine material and passing of the after debris-flow flood. When calculating the volume of debris-flow is necessary to summarize the amount of coarse material deposited in debris cone and in the debris-flow transit zone, the amount of the fine particles rendered abroad of the after debris-flow flood debris cone, and the volume of the water component after debris-flow flood.

Key words: debris-flows, debris-flows process, after debris-flow flood.

Введение

Одной из важнейших количественных характеристик селей, позволяющих оценить их энергию, является объём селя. Однако единые подходы к определению объёма селя не выработаны.

Как правило, при определении объёма селя принимается во внимание крупнообломочная составляющая селя, что соотносится с понятием селевой поток.

Селевой поток, сель – стремительный русловой поток, состоящий из смеси воды и обломков горных пород, внезапно возникающий в бассейнах небольших горных рек (Перов, 1996).

Основываясь на понятии «селевой процесс» (селевой процесс – совокупность природных процессов, составляющих этапы подготовки, зарождения и схода селевого потока (Перов, 1996), мы считаем необходимым при расчете объёма селя включать неотделимую часть селевого процесса –селевой паводок. Рассмотрим этот подход на примере натурных наблюдений за селевыми процессами в стационарном бассейне р. Кубасанты (Северный Кавказ).

Определение объёмов селей в бассейне р. Кубасанты.

Грязекаменный сель прошёл по руслу р. Кубасанты (бассейн р. Баксан) 5 июля 1975 года. Первая, самая мощная селевая волна прошла путь в 4,5 км до устья за 1 час. Движение грязекаменных селевых волн в устье р. Кубасанты продолжалась около 4,5 часов. Крупноглыбовая составляющая селя переотложилась на выположенных участках расширения

долины, заполнила пойму реки шириной до 20 м в её нижнем течении и частично осталась на конусе выноса. В русло р. Баксан была вынесена в основном тонкодисперсная суспензия.

Шлейф селя или послеселевой паводок, представляющий собой освободившийся от крупноглыбового материала поток, продолжался до 4 часов утра 6 июля 1975 г.

Происходило интенсивное переформирование поймы и русла р. Кубасанты, выработанного после схода селя русла. Мутный поток желто-оранжевого цвета, непрерывно пульсируя и меняя направление, растекался множеством рукавов, обводняя на локальных участках грязе-каменную массу, заполнявшую пойму реки.

Возникали кратковременные селевые микроволны, распад которых происходил на ограниченном отрезке и сопровождался выносами мелкозема. Уровень потока, как биение пульса, имел непрерывный пилообразный ход, каждый микроцикл которого, измеряемый минутами, был связан с размывами или намывами в русле, но не с водностью потока (Сейнова, Золотарёв, 2001).

Таблица 1.
Объём грязекаменных селей на р. Кубасанты (Северный Кавказ).
Volume of debris-flows on the Kubasanty River (North Caucasus).

Метод получения количественных параметров селей		Суммарный объем селевого стока, тыс. м^3	Суммарный объём селеформирующего водного стока, тыс. м^3	Объём селя (в тыс. м^3) The volume of debris flow (in thous. m^3)					Макс. расход селя на участке гидростворa м^3/с.
				Суммарный	Крупноглыбовая составляющая, вынесенная из русловой зоны	Крупноглыбовая составляющая, оставшаяся в русле	Селевые отложения на конусе выноса	Взвешенные тонкодисперсные наносы, вынесенные в русло р.Баксан	
1. Натурные измерения									
Сель 5.08.1967 г.		972		363	145,5	67,8	63/150	нет данных	500
Сель 5.06.1975 г.		514		175	65.7	57,5	2,1	50	183
Сель 19.07.1983 г.					102,3	22,7	47,0	нет данных	580
2. Эмтирические методы									
I.	По методическим указаниям ВСН-03-76 (р=2%)	1070							610
II.	По методике И.И. Херхеулидзе (повторяемость р= 1%)	1180	590	455					220 (44)
III.	По формуле Г.А.Алексеева (метод гидрологической аналогии)		448						490
3. Математическое моделирование селеформирующего паводка									
Сель 5.08.1967 г.			357						17,2
Сель 5.06.1975 г.			201						2,7

Утром 6 июля 1975 г., когда сформировалось новое русло, стало возможным оценить глубинную эрозию: как конечный результат прохождения селевого паводка, позволяющий качественно оценить его энергию. Новое русло было врезано в рыхлые русловые отложения на глубину от 2 до 4 м.

Это позволило установить достоверно среднюю глубину первой селевой волны. Обычная ошибка в определении глубины селя по следам заключается в недоучете эрозионного воздействия на размываемое русло селевого паводка. 5 – 6 июля 1975 г. возможно было бы троекратное превышение реального значения глубины селя над определённым по следам селя.

Суммарный объем селя 5 – 6 июля 1975 г. составил 730 тыс. м^3. Без учета тонкоди-

сперсной суспензии объем селя составил 514 тыс. м^3: т.е., значительно меньше реального.

Как показывают результаты и расчётов, и полевых измерений, вклад селевого паводка в объем и энергию селя весьма высок (Таблица 1).

Необходимо, также, отметить ту важную роль, которую играет селевой паводок в процессе выноса мелкозема из селевого бассейна.

Движение и разгрузка селевого паводка происходит в течение длительного промежутка времени, часто на порядок превышающего время прохождения собственно грязекаменного потока.

Определение понятия «Селевой процесс»

Формирование и движение грязекаменных селевых волн в связных селях и следующих за ними освобождённых от твёрдой составляющей пульсаций водного потока с высоким эрозионным потенциалом представляет собой единый природный процесс.

Однако сам селевой поток является конечной стадией эволюции природного селевого комплекса (Казаков, 2000).

Таким образом, селевой процесс должен рассматриваться как непрерывный процесс, включающий в себя формирование массива рыхлообломочных пород в селевом очаге в результате геологических процессов, трансформация его в потенциальный селевой массив в следствие его диагенеза и морфогенеза, возникновение и движение селя, разгрузку крупнообломочного и затем – тонкодисперсного материала и прохождение селевого паводка (Рисунок 1).

Разделение селевого процесса на понятийном уровне на «сель» и «селевой паводок» (который не принимается во внимание в расчете объёма селя) ведет к занижению объема и энергии селя, и, соответственно, к занижению ожидаемого разрушительного действия селя на объекты и сооружения и занижению оценки селевого риска.

Селевой паводок представляет собой переходную стадию от кратковременного проявления максимума эрозионного процесса в бассейне к нормальному гидрологическому режиму реки, имеющему длительную многолетнюю фазу своего развития, до схода следующего селя.

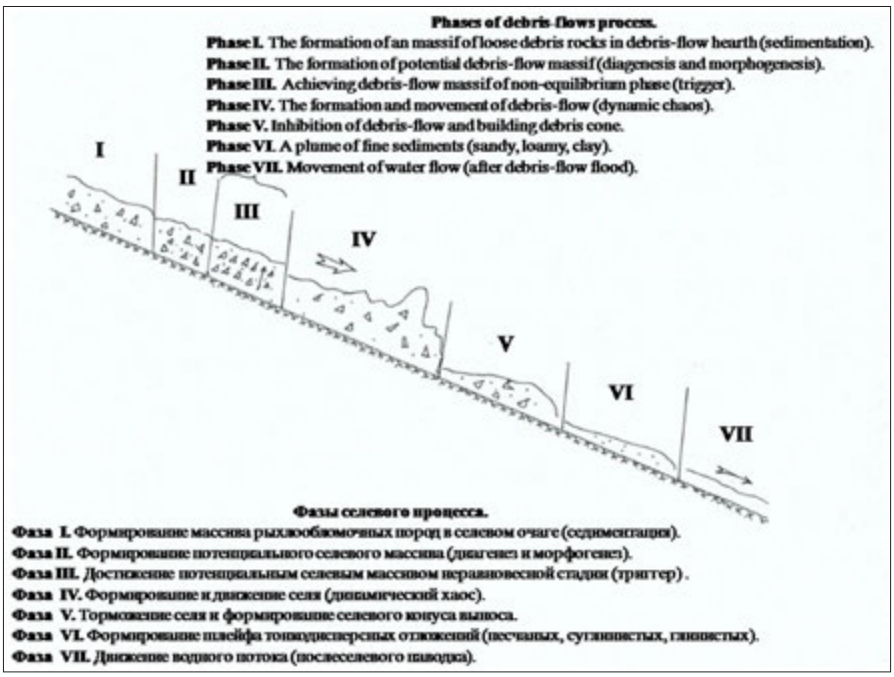


Рисунок 1. Фазы селевого процесса.
Figura 1. Phases of debris-flows process.

Расчёт объёма селя

При расчёте объёма селя ∑V необходимо суммировать объём крупнообломочного материала, отложившегося в конусе выноса V_k и в зоне транзита селя V_t, объём тонкодисперсного материала, вынесенного селевым паводком за границы селевого конуса выноса V_p, и объём водной составляющей V_w:

$$\sum V = (V_k + V_t + V_p + V_w) \quad (1).$$

Заключение

1. Селевой процесс – непрерывный процесс, который включает в себя формирование потенциального селевого массива, его диагенез и морфогенез, возникновение и движение селя, разгрузку крупнообломочного и затем – тонкодисперсного материала и прохождение селевого паводка.

2. При расчёте объёма селя необходимо суммировать объём крупнообломочного материала, отложившегося в конусе выноса и в зоне транзита селя, объём тонкодисперсного материала, вынесенного селевым паводком за границы селевого конуса выноса, и объём водной составляющей селя.

3. Разделение селевого процесса на «сель» и «селевой паводок» ведет к занижению объема и энергии селя, и, соответственно, к занижению ожидаемого разрушительного действия селя на объекты и сооружения и занижению оценки селевого риска.

Литература

1. ВСН 03-76. Инструкция по определению расчетных характеристик дождевых селей. /Ред. А. И. Чеботарев, И. И. Херхеулидзе, Б. И. Серлик./ Л.: Гидрометеоиздат, 1976, 27 с.
2. Казаков Н.А. Геологические и ландшафтные критерии оценки лавинной и селевой опасности при строительстве линейных сооружений (на примере о. Сахалин) // Автореф. канд. дисс. Южно-Сахалинск, 2000, 36 с.
3. Перов В.Ф. Селевые явления. Терминологический словарь. Издательство Московского университета, 1996, 34 с.
4. Сейнова И.Б., Золотарёв Е.А. Ледники и сели Приэльбрусья. (Эволюция оледенения и селевой активности). М., Научный мир, 2001, 204 с.

КАТАСТРОФИЧЕСКИЕ НАВОДНЕНИЯ И СЕЛИ: МЕХАНИЗМЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТРИГГЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ И ДИНАМИКА ИХ РАЗВИТИЯ В РЕЧНОМ ВОДОСБОРНОМ БАССЕЙНЕ (АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СОБЫТИЯ В г. КРЫМСК 06-07 ИЮЛЯ 2012 г.)

[1]Трифонова Т.А., [2]Тюленев Н.Ю., [2]Трифонов Д.В., [3]Аракелян М.М., [2]Аракелян С.М.

[1]Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия
[2]ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г.Столетовых», Владимир, Россия
[3]Ереванский государственный университет, Ереван, Армения

Рассматриваются речные бассейны в аспекте единых природных динамичных 3D-объектов, выполняющих сложную функцию регулирования напряжений в гидросфере с учетом пространственного изменения глубинного гидростатического/гидродинамического давлений, влияющих на развитие селевого процесса во взаимосвязи поверхностных и подземных вод. Численное моделирование процесса селеобразования с этих позиций при наличии конкретных параметров для данной территории позволяет оценить ожидаемую мощность селя в рамках соответствующих гидравлических моделей и подходов нелинейной гидродинамики – солитонных решений. Кратко обсуждаются возможные причины катастрофического события, произошедшего в г. Крымск в июле 2012г., с анализом конкретных фактических данных по состоянию речного бассейна и водных объектов в данной местности, включая уровень подземных вод до и после катастрофы.

Ключевые слова: сель, подземные воды, солитоны.

CATASTROPHIC FLOODS AND DEBRIS: TRIGGER PROCESSES AND MANIFESTATION IN DYNAMICS FOR A RIVER BASIN (ANALYSIS AND MODELING FOR A KRIMSK EVENT ON JULY 06-07, 2012)

[1]Trifonova T.A., [2]Tulenev N.U., [2]Trifonov D.V., [2]Arakelian S.M., [3]Arakelian M.M.

[1]Moscow State University named by M. V. Lomonosov, Moscow, Russia
[2]Stoletovs Vladimir State University, Vladimir, Russia
[3]Yerevan State University, Yerevan, Armenia

Our paper suggests a river basin as a unified 3D-object being a key factor for processes of a flood and/or mudflow (debris) formation and spreading out over the river beds in mountain conditions under the flash increase of water masses involved due to groundwater in accordance with a pressure distribution in the frames of appropriate hydraulic schemes and nonlinear hydrodynamic models. The process has a wave character with obvious signs of self-organization and can be described within the soliton model. To demonstrate our approach a brief analysis has been done for disastrous floods in the city of Krymsk (July 2012, Russia): the main mass of water-fall was, apparently, groundwater greatly enriched with mud and sand.

Key words: debris, groundwater, nonlinear propagation, solitons.

Введение

Проблема исследований селевых потоков, которые обычно возникают в руслах небольших горных рек (в случае несвязанных селей (наносоводные) они часто идентифицируются как катастрофические наводнения в отличие от связанных селей, где развиваются мощные грязекаменные и грязевые потоки) еще далека от разрешения и не существует эффективных методов прогноза селей (см., например, (Черноморец, 2012; Jakob, 2005)).

Действительно, несмотря на более, чем 50-летнюю историю рассмотрения данных вопросов – основоположником селеведения в нашей стране является С.М.Флейшман (Флейшман, 1978), – включая уникальные натурные эксперименты отечественных исследователей, в частности, проведенные под руководством Ю.Б.Виноградова на искусственном полигоне, созданном в бассейне р.Чемолган в Заилийском Алатау (Казахстан) – (ср. Виноградов, 1980), мало что изменилось в уровне познания механизма, морфологии, генезиса и т.д. этого многофакторного явления.

В докладе акцент сделан на возможном механизме возникновения селя в рамках единого 3D-бассейнового подхода к водным ресурсам горной реки с учетом фундаментальных процессов, включая трещинообразование в объеме горного массива важное для транзита подземных вод (ср. Трифонова, 2008).

Проблемы в анализе причин возникновения катастрофических селей

Ключевой вопрос общепринятого триггерного механизма возникновения селевых процессов – кратковременные обильные (2-4 часа) ливневые дожди и/или длительные менее интенсивные обложные дожди (до нескольких суток).

В количественном выражении речь идет о 100-300 мм таких осадков с интенсивностью до 20 мм/час в первом случае и до 1800 мм (с интенсивностью 2 мм/час) – во втором. Важно, что они выпадают на площади как минимум в десятки квадратных километров, но она может охватывать и огромные пространства (десятки тысяч квадратных километров). Однако, проводимые оценки водного баланса при учете этих осадков не всегда согласуются с объемами воды, вовлеченными в селевой поток. Действительно, типичная интенсивность селевого потока – от 10-50 до 5000-10000 $м^3/с$.

Первый удивительный факт в связи с этим – как такая масса дождевой воды единовременно локализуется при селе именно в русле конкретной небольшой горной реки.

Второе странное обстоятельство связано с гранулометрическим составом селя – селевые потоки высокой плотности, в которых обломочный материал составляет до 75%, способны перемещать крупногабаритные породы на значительные расстояния.

Третья группа проблемных фактов связана с попытками объяснить часто наблюдающееся разделение по сезонам, с одной стороны, периодов схода селей, а с другой стороны, – интенсивных дождевых осадков и процессов снеготаяния в горах.

В связи с этим отметим, что наблюдаемый подмыв основания речного русла в потенциальных селевых очагах и наличие водно-аккумулятивных зон, характерных для подземных вод, принципиальны для нашего подхода.

Базовые принципы: возможный механизм развития селевых потоков в горном массиве

Возможность селевых выбросов с участием подземных вод требуют оценки величин гидростатических/гидродинамических давлений, существующих в водных горизонтах горных массивов и морфологии сети трещин с учетом их модификации и гранулометрических показателей, подвижности пород, их заполняющих и разобщающих в спокойном состоянии систему трещин из-за подобного типа водоупоров.

В каждом конкретном случае подобная оценка представляет достаточно сложную задачу гидрогеологии с использованием представлений гидродинамики и тензорного анализа сопротивления материалов, а также трудно доступной, но требуемой информации о структуре и составе горного массива и карты его подземных вод. Однако, само перемещение пород разной формы и объема в водных потоках, а также их механическое разрушение/деление на фракции и сегментация, могут быть проанализированы в рамках подходов гидромеханики

(см. напр. Шашин, 1990). Более того, могут быть разработаны нелинейные математические модели массопереноса в разных топологиях каналов в разветвленной сети водоносных подземных трещин в горном массиве.

Проявление этих явлений усиливается именно при наличии вибраций (вибродилатансия), которые могут иметь как естественные причины (землетрясения малой силы, процессы выветривания и др.), так и искусственные/антропогенные (хозяйственная деятельность человека).

Нами предполагается следующий механизм образования и развития селя.

Возникновение селей происходит при обязательном наличии русловой трещины. В верховьях горных рек, где «молодые» трещины еще слабо раскрыты и находятся в стадии формирования, режим подъема воды к поверхности из глубин по системе трещин недостаточно сформирован. Однако, постоянно имеют место процессы разрушения породы в главной русловой трещине и в близлежащих трещинах. В сезон дождей происходит усиление взаимодействия поверхностного и подземного стоков; поэтому наблюдается резкое увеличение объема воды в прирусловой области. Но, поскольку сама русловая трещина забита сверху и внутри различными породами и обломочным материалом, отличающимися по механическому составу, то до определенного момента времени сохраняется стабильность функционирования руслового водного потока.

Особое внимание для дальнейшего сценария развития ситуации следует обратить на изменение давлений в системе транзита подземных вод, что обеспечивает дополнительный напор и/или подпор в 3D-сети на территории водного бассейна. Особенно оно критично при наличии либо водосборной воронки, либо водохранилищ, либо затора на русле. Резкое изменение их состояния может приводить к увеличению напряжений, передаваемых по консолидированной водной системе подземных вод, для которой в условиях горной долины подземные водные потоки направлены в сторону русла реки. Степень воздействия такого увеличения давления на формирование селя обусловлено также градиентом высот наклонной поверхности. Другими словами, повышение давления, например в водосборной воронке, способствует тому, что подземные воды, скопившиеся в приповерхностной области русла реки (в соответствии с топологией трещинообразования в горном массиве), в условиях внешнего воздействия находят слабое место – происходит выброс воды на поверхность. Это и фиксирует место зарождения селя – «ворота селя».

Очевидно, что процесс носит пороговый характер и определяется взаимодействием в массиве породы внутренних процессов (в т.ч. сейсмической природы) и поверхностных явлений (ливневые дожди) в рамках единого бассейна реки. Существование порога – характерный признак нелинейного динамического процесса взрывного характера (Скотт, 2007); он и обеспечивает внезапность катастрофического события.

Физико-математическая трактовка – основные результаты модели

Механизм активизации селевых процессов может быть описан в рамках общих модельных представлений о потенциальном селевом массиве как о волновом процессе в нелинейной системе, в которой происходит непрерывный процесс самоорганизации упорядоченных динамических структур (ср. с (Jakob, 2005)).

Все это позволяет использовать солитонную модель, с помощью которой может быть математически представлен процесс возникновения и распространения селевого потока. Мы основывались на простейшей нелинейной модели однонаправленного распространения длинных гидродинамических волн в диспергирующей среде в рамках уравнения Кортевега – де Вриза (К-дВ) – (Скотт, 2007).

Среди множества решений уравнения К-дВ основное внимание уделялось 4-м классам решений: (1) собственно солитонным решениям; (2) многочастичным N-солитонным

коллективным решениям; (3) решениям с учетом устойчивости и реакции на различные возмущения; (4) опрокидывающимся солитонным решениям в условиях сильной нелинейности при наличии препятствий (как природных, так и техногенных).

Проведенная нами компьютерная симуляция процесса показала, что качественно селевой процесс можно представить в виде четырех зон (рис.1): I – основной выброс селя; II – его распад на отдельные солитоны-сателлиты; III – самоорганизация этих сателлитов – выстраивание по величине своих амплитуд; IV – опрокидывание (большая нелинейность) или рассасывание (большая диссипация) солитона.

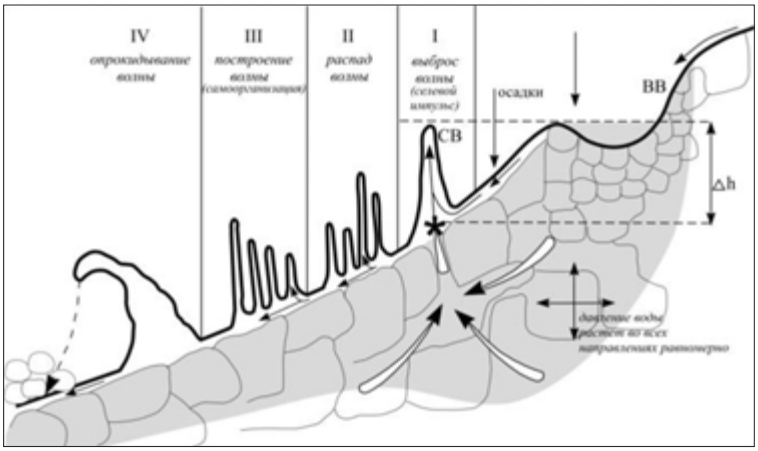


Рисунок 1. Этапное развитие и распространение селевой волны: ВВ – водосборная воронка; СВ – селевая волна; * – ворота селя; Δh – гидростатический напор; – трещиноватая порода; – потоки подземных вод.

Анализ возможных причин катастрофического наводнения в г. Крымск (июль 2012 г.) в рамках предлагаемого подхода

Хотя само данное событие уже неоднократно рассматривалось, в т.ч. и в официальных докладах госструктур, и в научных публикациях – (см. напр. Котляков, 2012), но обсуждались непосредственно наблюдавшиеся на поверхности явления, когда процесс уже развивался.

В нашей трактовке возникновения данного катастрофического события решающую роль сыграла сложная структура речного бассейна при наличии естественных и искусственных водных объектов на сильно расчлененном рельефе местности (рис. 2).

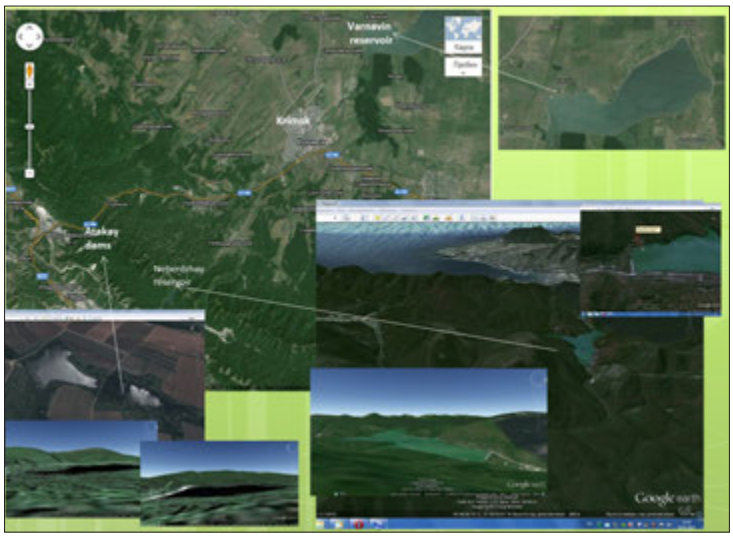


Рисунок 2. Космический снимок сложной конфигурации группы водных объектов в бассейне р. Адагум (район г. Крымск).

При этом, основная грязеводная масса, обрушившаяся на г.Крымск, была, по-видимому, подземной, значительно обогащенная илом и песком. Наша оценка давления в месте ее залегания (непосредственно перед катастрофой) привела к большим значениям в 63-74 атм (зависит от водного горизонта). Поэтому механизм выброса был взрывным (ср. с самоизливом воды по типу артезианских/гейзеровых объектов). Стоит отметить, что после данной катастрофы из-за нарушения водного баланса в системе поверхностного и подземного компонент речного бассейна в течение нескольких месяцев фактически исчезло Наберджайское водохранилище – более 7 млн.м^3 воды (интернет ресурс, [9]). Оно, вероятно, ушло на восстановление подземных водных ресурсов из-за их истощения во время катастрофического события.

Заключение

Для провоцирования селя, в условиях взаимосвязи подземных и поверхностных вод, необходимо наличие русловых трещин (которые могут резко перестраиваться и определять в динамике дебит подземного водного пула) и большого количества дождевых осадков. Возникновение селя в этом аспекте происходит пороговым образом по механизму аналогичному самоизливающейся артезианской скважине и/или гейзеру в условиях внезапного внешнего воздействия (сейсмика, дожди), а процесс распространения селевых потоков является волновым с явными признаками самоорганизации. Он может быть описан в рамках солитонной модели. Данный подход использован для предварительного анализа катастрофического водного события в г. Крымск (06-07 июля 2012 г.).

Литература

1. Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды Второй конференции, посвященной 100-летию со дня рождения С.М. Флейшмана. Ответственный редактор С.С. Черноморец. М., Географический факультет МГУ, 2012 г.
2. Matthias Jakob, Oldrich Hungr. Debris-flow. Hazards and Related Phenomen. – Springer, 2005, 745 p.
3. Флейшман С.М. Сели. – Л.: Гидрометеоиздат (2-е изд.), 1978, 312 с.
4. Виноградов Ю.Б. Транспортный и транспортно-сдвиговый селевые процессы. В сб.: Селевые потоки, № 4. М., Гидрометеоиздат, 1980, с. 3-19.
5. Трифонова Т.А. Речной водосборный бассейн как самоорганизующаяся природная геосистема. Изв. РАН, серия географическая. – 2008, №1, С.28-36.
6. Шашин В.М. Гидромеханика. – М.: Высшая школа, 1990, 384 с.
7. Скотт Э. Нелинейная наука. Рождение и развитие когерентных структур/пер. с англ. И.А.Макарова под ред. проф. А.Л.Фрадкова. М: Физматлит, 2007 г.
8. Котляков В.М., Десинов Л.В., Долгов С.В. и др. Наводнение 6-7 июля 2012 года в городе Крымске. Изв. РАН, сер.географическая, 2012, №6, с. 80-88.
9. http://news.mail.ru/inregions/south/23/incident/9576012;
http://www.novorab.ru/ArticleSection/Details/5798/1;
http://s5.stc.all.kpcdn.net/f/12/image/25/53/5395325.jpg.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОДОСНЕЖНЫХ ПОТОКОВ В ХИБИНАХ. ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ

[1]Черноус П.А., [2]Мокров Е.Г., [3]Тяпкина О.Ю.

[1]Апатитский филиал Мурманского государственного технического университета, Апатиты, Россия
[2]Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, географический факультет, НИЛ снежных лавин и селей, Москва, Россия
[3]Центр лавинной безопасности ОАО «Апатит», Кировск, Россия

На основе многолетних наблюдений за образованием водоснежных потоков в Хибинах и данных о сходах водоснежных потоках в Норвегии, в 1996 г. были разработаны два вероятностно-статистических метода диагностики ситуаций, которые приводят к образованию водоснежных потоков. В обоих методах ситуации, описываемые набором гидрометеорологических характеристик, разделялись на две группы – приводящие и не приводящие к образованию водоснежных потоков. На основе разработанных методов была создана компьютерная программа для непрерывной оценки метеорологической обстановки с целью выявления ситуаций благоприятных для образования водоснежных потоков в период весеннего снеготаяния, которая используется в Центре лавинной безопасности ОАО «Апатит» уже пятнадцать лет. В статье приводятся результаты вероятностной и категорической диагностики образования водоснежных потоков в отдельных высотных зонах и очагах водоснежных потоков в Хибинах с помощью разработанных методов на независимой выборке.

SLUSHFLOW FORCASTING IN THE KHIBINY MOUNTAINS. EXPERIENCE AND PERSPECTIVES

[1]Chernous P.A., [2]Mokrov E.G., [3]Tiapkina O.Y.

[1]Apatity Branch of Murmansk State Technical University, Apatity, Russia
[2]Moscow State University named by M. V. Lomonosov, Geographical Faculty, Scientific Research Laboratory of Avalanches and Mudflows, Moscow, Russia
[3]Center for Avalanche Safety, "Apatit" JSC, Kirovsk, Russia

На основе многолетних наблюдений за образованием водоснежных потоков в Хибинах и данных о сходах водоснежных потоков в Норвегии, в 1996 г. были разработаны два вероятностно-статистических метода диагностики ситуаций, которые приводят к образованию водоснежных потоков. В обоих методах ситуации, описываемые набором гидрометеорологических характеристик, разделялись на две группы – приводящие и не приводящие к образованию водоснежных потоков. На основе разработанных методов была создана компьютерная программа для непрерывной оценки метеорологической обстановки с целью выявления ситуаций благоприятных для образования водоснежных потоков в период весеннего снеготаяния, которая используется в Центре лавинной безопасности ОАО «Апатит» уже пятнадцать лет.

В статье приводятся результаты вероятностной и категорической диагностики образования водоснежных потоков в отдельных высотных зонах и очагах водоснежных потоков в Хибинах с помощью разработанных методов на независимой выборке.

Центр лавинной безопасности ОАО «Апатит» (ЦЛБ) ведет наблюдение за водоснежными потоками (ВСП) на протяжении многих лет. ВСП в Хибинах образуются во время весеннего снеготаяния (апрель-июнь) и наблюдаются примерно один раз в 2-3 года. Объемы отложений ВСП достигают нескольких сотен тысяч кубических метров. Дальность выброса порой превышает 3 км. Ударное давление может достигать 50 т/м^3 и более (Рис. 1).

Рисунок 1. Отложения в долине Гакмана.

На основе полученных данных в Хибинах и данных о водоснежных потоках в Норвегии, в 1996 г. были разработаны два вероятностно-статистических метода диагностики ситуаций, которые приводят к образованию водоснежных потоков [5]. Ранее эти методы хорошо зарекомендовали себя при диагностике ситуаций, связанных со снежными лавинами [1,4]. В обоих методах ситуации, описываемые набором гидрометеорологических характеристик, разделялись на две группы – приводящие и не приводящие к образованию водоснежных потоков. Разделение ситуаций осуществлялось с помощью линейной дискриминантной функции [4] и формулы Байеса [1]. Качество диагностики ситуаций с помощью этих подходов [5], достигнутое на этапе разработки методики при разработке, оказалось примерно одинаковым. В оперативной работе ЦЛБ с 1996 г. стал использоваться метод основанный на дискриминантном анализе.

Метод вероятностной диагностики образования ВСП

С помощью этого метода проводится диагностирование метеорологических ситуаций, описываемых набором признаков. Ситуации разделяются на ВСП-опасные и ВСП-не опасные ситуации на основе оценок вероятностей образования ВСП.

Временной размер метеорологической ситуации - 1 сутки. Оценка ситуации проводится каждые три часа в метеорологические сроки, при этом временной размер метеорологической ситуации не изменяется (скользящие сутки).

Дискриминантная функция, с помощью которой производится разделение:

$$F(h, i)=0.0221\cdot h+0.0962\cdot i -5.11$$

где: ***i*** - суточное поступление воды в снег (мм)
h - высота снега (см)

Суточное количество поступающей воды ***i*** рассчитывалось как сумма воды поступившей в снежную толщу в результате таяния снега и жидких осадков.

Количество поступающей воды в результате таяния рассчитывалось на основе данных о температуре воздуха, скорости ветра, влажности воздуха и облачности. Для оценки альбедо снежной поверхности учитывалось также время, прошедшее с последнего снегопада [4].

С помощью интерполяции гидрометеорологических факторов по высоте между

горнолавинными станциями «Восточная» (300 м над у. м.) и «Центральная» (1090 м над у. м.) ЦЛБ, расчет ***i*** и ***h*** проводился для высот от 300 до 800 м над уровнем моря.

На основе разработанных методов была создана компьютерная программа для непрерывной оценки метеорологической обстановки с целью выявления ситуаций благоприятных для образования водоснежных потоков в период весеннего снеготаяния.

С 2003 г. система диагностики интегрирована в АРМ прогнозиста лавин и используется в оперативной работе Центра лавинной безопасности ОАО «Апатит».

Оценка качества вероятностной диагностики образования ВСП

За период исследования с 1996 г. по 2010 было выполнено 2663 оценки вероятностей к принадлежности метеорологических ситуаций к одному из двух классов образования ВСП. Критерий качества вероятностной диагностики определялся по формуле [3]:

$$P = (\sum_{f=1}^{r}\sum_{i=1}^{n}\cdot(f_{if} - E_{if})^2)/N$$

где: ***N*** – количество оценок вероятностей

E – принимает значение 1 или 0, в зависимости от того произошло ли событие в градации ***f*** или не произошло.

При оценки метеорологических ситуаций образования ВСП по 3-х часовым метеорологическим данным значение критерия качества составляет 0.27, при оценке суточных данных - 0.33.

Для случайной диагностики значение критерия качества вероятностной диагностики равно 2, для идеальной диагностики – 0, для диагностики основанной на климатических вероятностях - 1.

Метод категорической диагностики образования ВСП

При категорической диагностике 3-х часовые и суточные вероятности образования ВСП сравнивались с различными пороговыми вероятностями (0,1 0,2 0,3 0,4, 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9), для которых составлялись таблицы сопряженности, вычислялись значения критерия Обухова (коэффициент сопряженности) [2] и строилась зависимость этого критерия от величины пороговой вероятности (Рис.2).

При категорической диагностике на основе различных пороговых вероятностей значения критерия Обухова получилось следующие (Табл. 1):

Таблица 1.
Критерии Обухова при различных значениях пороговой вероятности.

Пороговая вероятность	Суточные	3-х часовые
0.1	0.33	0.33
0.2	0.47	0.45
0.3	0.58	0.47
0.4	0.65	0.44
0.5	0.76	0.47
0.6	0.57	0.40
0.7	0.25	0.05
0.8	0.00	0.00
0.9	0.00	0.00

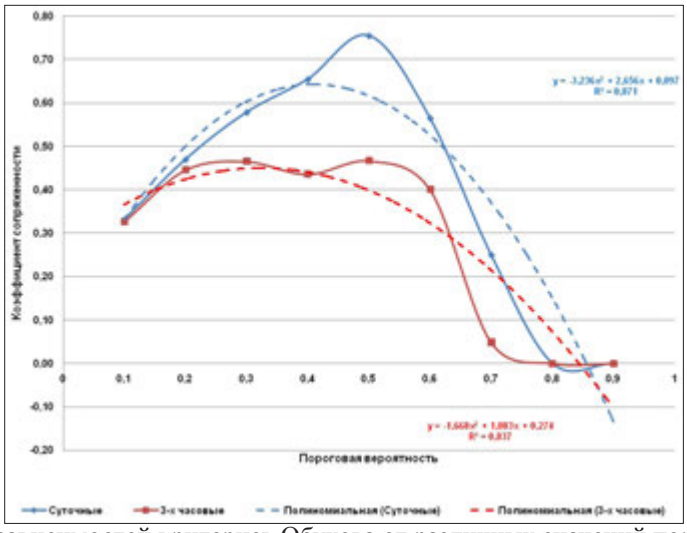


Рисунок 2. Графики зависимостей критериев Обухова от различных значений пороговой вероятности.

Также оценивалось качество расчетов суточного количества, поступившей в снег, в результате таяния воды. Среднее квадратическое отклонение расчетного значения суточного количества поступившей воды от фактического значения составило 3-6 мм.

Выводы

1. Метод вероятностной диагностики образования ВСП хорошо зарекомендовал себя на практике и пока является единственным количественным методом фонового прогнозирования ВСП.

2. Качество прогнозирования (диагностики) с помощью метода вероятностной диагностики образования ВСП, видимо, близко к предельно возможному. Для существенного улучшения оценок параметров распределения предикторов потребуется очень много времени.

3. Прогнозирование ВСП в конкретном очаге будет основываться на использовании вероятностных гидрологических моделей с распределенными параметрами.

4. Анализ полученных результатов при оценке метеорологической обстановки методом категорической диагностики образования ВСП показал максимальные результаты коэффициентов сопряженности для 3-х часовых (Q=0.47) и суточных (Q=0.76) при пороговой вероятности 0.5.

5. Используемая при прогнозировании (диагностике) ВСП модель снеготаяния [4] оказалась достаточно точной, особенно для периодов с изотермией снежного покрова (0°C) и с успехом используется в ОАО «Апатит» при прогнозировании паводка на промплощадке.

Литература

1. Зюзин Ю.Л. Опыт использования Байесовского подхода для индикации лавинной опасности в Хибинах. // Труды III Всесоюзного совещания по лавинам. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1989, 185–187.
2. Обухов А.М. К вопросу об оценке успешности альтернативных прогнозов. Изв. АН СССР, Серия геофиз., 1955, № 4, с. 339-349.
3. Пановский Г.А., Брайер Г.В. Статистические методы в метеорологии. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1967, 242 с.
4. Черноус П.А. Применение многомерного дискриминантного анализа для распознавания лавиноопасных ситуаций. // Исследования снега и лавин в Хибинах. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1975, 64–70.
5. Chernouss P., Tyapkina O., Hestnes E., Bakkehoi S. The differentiation of thaws in connection with slushflow occurrence // Proceedings of the International Conference in Voss, NGI, publication 203, Oslo, 1998, p. 89–93.
6. Harstveit K. Snowmelt modelling and energy exchange between atmosphere and melting snow cover. Bergen, University of Bergen, Geophysical Institute. Scientific report 4, 1984, p. 120.

САМООРГАНИЗОВАННАЯ КРИТИЧНОСТЬ В 2D РЕШЕТЧАТОЙ МОДЕЛИ СЕЛЕВОГО ПОТОКА

[1]Четырбоцкий А.Н., [2]Четырбоцкий В.А.

[1]Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, Россия
[2]Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Для представления селевого потока рассматривается модель типа кучки песка (sandpile model), в которой рельеф поверхности обусловливает анизотропную динамику распространения активности. Теоретически определен полный набор критических показателей модели. Приводятся реализация процедуры конечно-размерного скейлинга и его использование для решения самоорганизованно критических систем. Представлены результаты численных экспериментов.

Ключевые слова: модель кучи песка (sandpile model), численные эксперименты.

SELF-ORGANIZED CRITICALITY IN 2D LATTICE MODEL DEBRIS FLOW

[1]Chetyrbotsky A.N., [2]Chetyrbotsky V.A.

[1]Far East Geological institute RAS, Vladivostok, Russia
[2]Moscow State University named by M.V. Lomonosov, Moscow, Russia

To represent debris flow is considered a model of the type of a handful of sand (sandpile model), in which the relief of the surface causes the dynamics of anisotropic distribution activity. Theoretically defined a complete set of critical indices of models. Provides implementation procedures finite-dimensional scaling and its use for decision samoorganizatsii critical systems. Represented results of numerical experiments.

Key words: model heap of sand (sandpile model), numerical experiments.

Введение

Численное моделирование динамики селевых потоков (СП) обычно выполняется в рамках теории мелкой воды [Зеркаль]. При таком подходе их пространственно-временная динамика определяется горизонтальными составляющими скорости, которые полагаются независимыми от вертикальной скорости. Физическим образом СП выступает стекающая по рельефу местности тонкая пленка некоторого материала [шеретов]. Движение следует вычислительной схеме «крест-накрест» при запрете движения через уголки отдельных элементов схемы. В действительности, оно (движение) во многом определяется рельефом. Для подобных ситуаций полезным представляется разработка имитационной дополнительной модели процесса. В рамках таких моделей устанавливаются специфические закономерности, которые другими средствами не выявляются. Например, зависимость между площадью лавины и ее длительностью. Такие модели соответствуют компьютерным тренажерам, на которых «обыгрываются» различные стратегии рассматриваемого процесса.

Разработка такого тренажера здесь выполняется на основании так называемой модели кучи песка. Приводится вычислительная схема разработанной модели, особенности построения начального распределения и рельефа местности.

Вычислительная схема

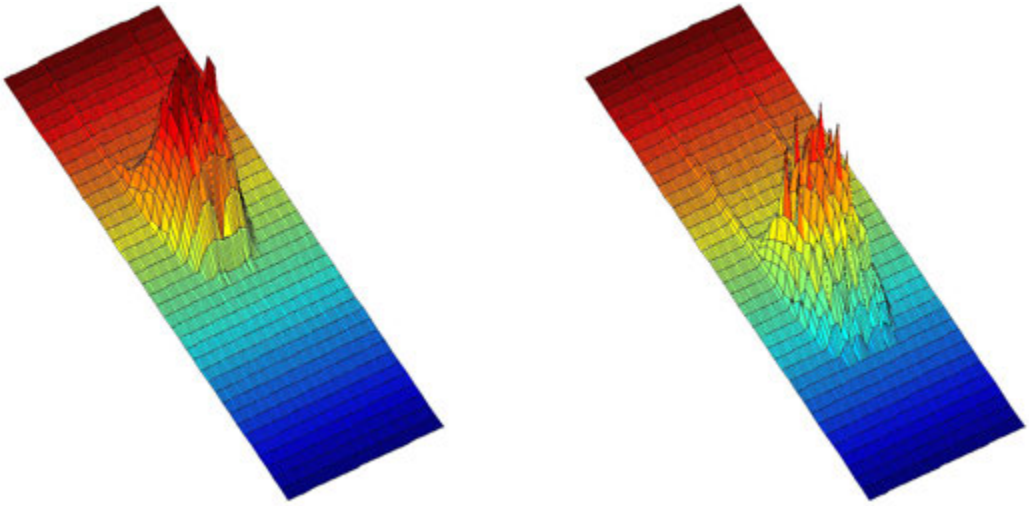
В современных моделях типа кучи песка полагается, что уменьшение на 2 песчинки в ячейке-доноре происходит одновременно с увеличением на 1 числа песчинок в 2-х нижележащих смежных ячейках (i+1,j-1) и (i+1,j+1). Такая стратегия отвечает пересыпанию песчинок вниз по склону. Дополнительно полагается открытость нижнего края области рассмотрения, т.е. при попадании песчинок/материала в самую нижнюю часть склона она/он удаляется из системы. При таком подходе исходные данные следует «подстроить» под

модель. Кроме того модель становится непригодной для движения по сложному рельефу, насчитывающего на одном и том же уровне несколько глубоких впадин.

Построение вычислительной схемы здесь выполняется следующим образом. Сначала поверхность рельефа разбивается на заданное число регулярных прямоугольных элементарных ячеек. Также как и в модели мелкой воды полагается отсутствие вертикальной скорости потока. Для удобства изложения введем понятие ячейки-донора (в вычислительной математике это широко используемое понятие): это текущая ячейка (i, j) (i номер строки, j номер столбца), из которой некоторое количество материала (песчинок, массы СП/массы снега) может поступить в смежные с ней ячейки (i, j). Расчет количества/массы определяется на основании рассчитанных весовых коэффициентов. Для их расчета сначала в каждую из 9-ти смежных ячеек заносится различие между количеством в ней материала и материала в донорской ячейке. Далее эти цифры суммируются. Затем их значения делятся на эту сумму. Дополнительно учитывается основное направление движения.

Для построения рельефа использовались характерные значения параметров лотковых снежных лавин на о. Сахалин [Казакова]. В частности, при среднем его уклоне 25° высшая точка рельефа была выбрана равной 400 м, т.е. длина наклонного пути схода лавины составила 857.8 м. Форма поверхности рельефа здесь соответствует наклонной плоскости. Его графическое представление было выполнено программным инструментарием системы MATLAB.

На рис. 1 представлена динамика схода



a) b)

Рисунок 1. Динамика схода модельного селевого потока: случаи a,b соответствуют модельным временам 20 и 30.

Анализ рис, 1 показывает «расплывание» СП с течением времени (но не столь значительное как у снежных лавин). Отмечается также определенное запаздывание перемещения верхушки потока: она отстает от движения основной массы. Некоторым образом, такая ситуация отражает отличие от нуля вертикальной скорости.

Литература

1. Казакова Е.Н. Зависимость динамических характеристик лавин на Сахалине от их генетических типов//Геориск, 2009. № 4, С.12-15.
2. Подлазов А.В. Двумерные самоорганизованно критические модели типа кучи песка с анизотропной динамикой распространения активности // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2011. № 63. 28 с. URL:
3. http://library.keldysh.ru/preprint.aspid=2011-63

THREE-DIMENSIONAL DYNAMIC TOPOGRAPHIC SURVEY OF GRANULAR FLOWS USING PHOTOGRAMMETRIC TECHNIQUES

Scotton P., Dallavalle D., Vescovo D., Genevois R.

Department of Geosciences, University of Padua, Italy

The paper presents the activity carried out at the Laboratory of Hydrogeology of the University of Padua in order to reconstruct the three-dimensional surface of a moving granular mass along an experimental channel. The survey was performed using eight cameras equipped with different focal length lenses. The images have been processed using terrestrial photogrammetric techniques. Shooting synchronization, lighting, period of shutter opening, transmission and acquisition speed of the generated data, are some of the addressed and solved problems. Finally, some examples of the elaborated experimental tests are showed.

Key words: granular flows, dynamic photogrammetric surveys.

The experimental apparatus

The experimental apparatus, described below in its components and functions, has been realized in order to carry out tests designed to deepen the rheological behavior of different types of granular material and to provide experimental data useful for the calibration of physical models and numerical simulation of the dynamic of granular masses. The metric determination, in space and time, of the external surface of a moving granular mass is carried out by means of photogrammetric techniques. The support system of cameras, the video-cameras, the illuminators and the system of acquisition and storage of the images have been designed in order to acquire images of good quality for the photogrammetric restitution.

In order to simulate the granular fluxes at the laboratory scale a support formed of two planes has been used (Figure 1). The planes, made of smooth forex, are squared shaped with side length equal to 1,5 m. The slope of the planes can be varied by means of a hydraulic piston. The lower plane was placed at 6,5° while the upper plane at 27,5°. Channelized flow on the upper plane has been obtained by placing two lateral vertical transparent walls. The width of the channel is 0,2 m. A feeding box has been obtained inside the upper extreme of the channel (maximum volume equal to 9,0 dm^3) separated from the channel by a removable gate. Non channelized flow has been realized using a truncated-cone shaped feeding box, leant on the upstream plane.

Above the support eight cameras of the type Basler Ace GigE (resolution of the CCD 1628 x 1236, sensor size 1/1,8" and pixel size 4,4 x 4,4 mm) have been placed. The cameras are equipped with fixed focal length lenses: two of 6 mm, four of 8 mm and two of 12 mm, located at different distances from the support.

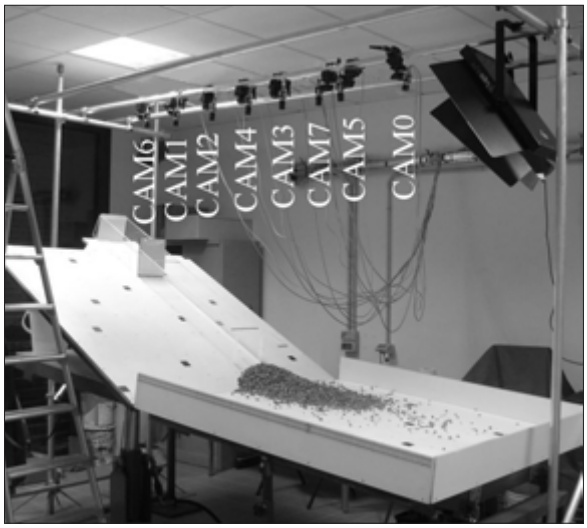


Figure 1. The experimental apparatus.

The hardware apparatus to capture and store the images coming from the cameras is controlled by a code written in Labview. A key property of the acquisition of the frames from the different cameras is the shutter synchronization (Figure 2) whose opening time has been reduced to 0.0003 s, using two high power, high frequency illuminators and keeping the diaphragm of the lenses completely open. The maximum acquisition frequency achievable is 20 Hz. The data transmission and storage rate is about 3 Gb/s.

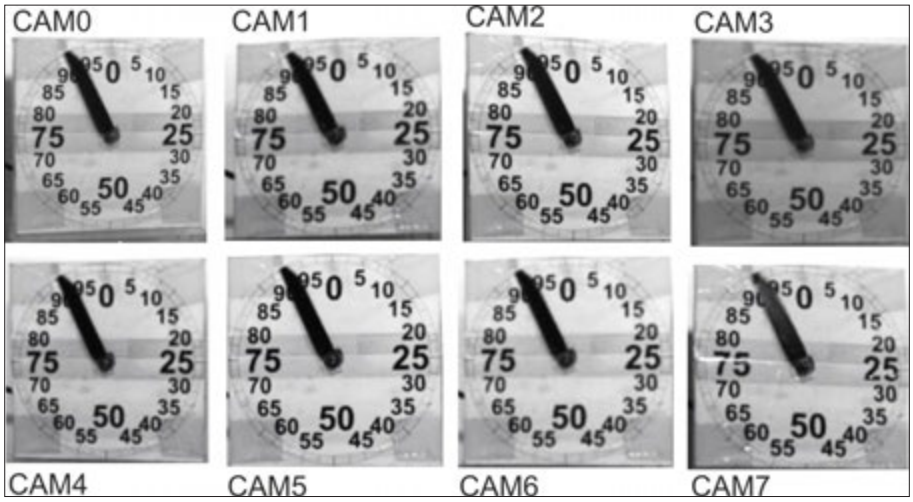


Figure 2. On the left: effectiveness of the hardware and software on shutter syncronization of the eight cameras. On the right: combination of light intensity and shutter opening period allows good images for photogrammetric purposes.

Two granular materials have been used: porphyritic sub-angular gravel and material obtained from synthetic zeolite. The physical properties are showed in Table 1. Another white granular material (spheres of PVC) has been used in order to improve the photogrammetric processes.

For the construction of the DTM (Figure 3), at a generic time instant, three different software were used. The software Australis has been used for the calibration of the cameras (non-metric cameras to reduce costs) and for the three-dimensional description of the support (low capacity of automatic tie points recognition, need of high interaction with the operator). The software Agisoft was used for the photogrammetric reconstruction of the moving mass (high automatic recognition capabilities, low need of interaction with the operator). The composition of the different DTMs has been produced with the software Arc-Map.

Table 1.
Physical properties of the granular material.

	density	mean diameter	shape factor	bottom friction angle	natural friction angle
	[kg/m^3]	[mm]	[-]	[°]	[°]
gravel	2600	12	0,7	29,7	35,0
zeolite	1080	1	1,0	22,0	28,0

The assessment of the accuracy of the photogrammetric survey was carried out both indirectly, by photogrammetry, and directly, comparing photogrammetric measurements and direct observations through the transparent wall, in case of channelized flow. The maximum error occurs in vertical direction and is of the order of one millimeter. The mean error is close to zero with a slight overestimation of the vertical component.

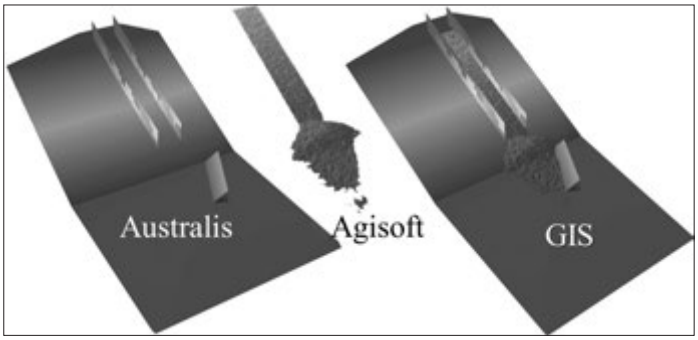


Figure 3. The generation process of the DTMs: the support has been surveyed by Australis, the moving mass by Agisoft-Photoscan. The composition has been made by Esri Arc-Map.

Some experimental results

Shown below some of the results obtained with the developed techniques.

In the first case the motion of the coarse material (gravel, Table 1) on the support without lateral constraint is described. In Figure 4 are shown the plan views of DTMs at some instants during the motion. It is possible to distinguish the single particle in the granular mass. In Figure 5 the non-dimensional volume variation over time, with respect to the initial volume, is described. As it can be seen, an early expansion phase is followed by a gradual contraction and by a slight expansion during the stopping phase.

In the second case the channeled motion of a mass of zeolitic material that impacts against a deviation work is described (support setup of Figure 3). In Figure 5 the total volume variation over time is shown. Volumes variations are much smaller in comparison with the previous case. In Figure 6 the effect on the moving mass of the flow diverter is described at some sections along the diverter. The evolution of the propagating cross-sectional wave is quite well represented.

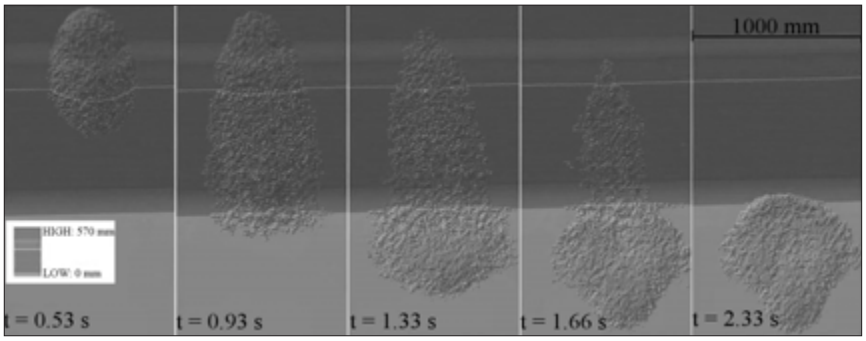


Figure 4. Plan views of the DTMs, in case of coarse material and open slope, at some instants from the initiation to the stopping of the motion.

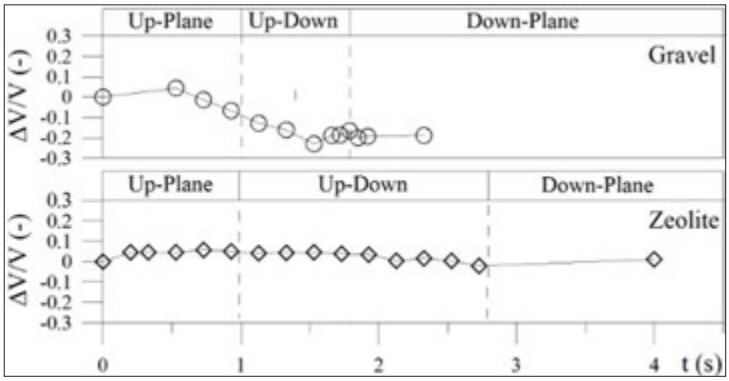


Figure 5. The non-di-mensional volume variation, with respect to the initial volume, in case of gravel (test Figure 4) and zeolite (test Figure 6) materials.

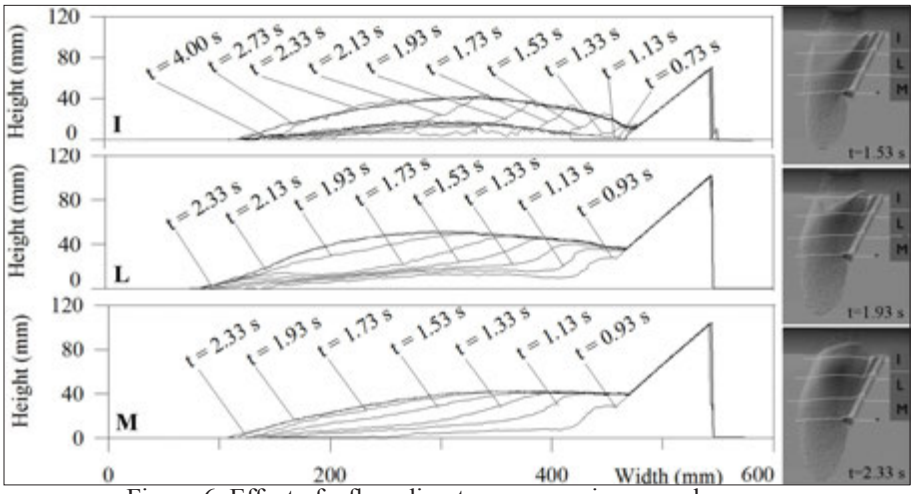


Figure 6. Effect of a flow diverter on a moving granular mass.

Conclusions

The designed experimental apparatus has proved to be suitable to provide frames of good quality for the photogrammetric analysis. The accuracy of the surface reconstruction increases increasing the number of recognized tie points (the use of tracers of adequate size and color have been of great help) and with the accuracy in the positioning of the control points. The used software (Agisoft Photoscan) seams to slightly overestimate the real topographic elevation. Smaller errors, as in the cases hear presented, have been achieved using a high number of control points in every image. This implies a significant increase in time dedicated by the operator. Different commercial programs have been used in order to optimize the different phases of the work: calibration, photogrammetric processes and DTMs analysis are not optimized in just one commercial code. The automatization of the laboratory work is still not at an optimized level.

Despite the difficulties above described, quite good metric information have been obtained, at a relatively low cost. They represent qualified data for the comprehension of the rheological properties of the materials and for the calibration of physical-numerical models (De Toni et alii, 2005). The techniques developed in the laboratory are now under study in view of their application in the field, inside a debris flow catchment.

References

1. Dallavalle D., Granular fluxes in laboratory and in the field: 3-dimensional dynamic survey by terrestrial photogrammetric techniques // Phd Thesis, XXVI cicle, University of Padua.
2. Dallavalle D., Scotton P., Rilievo fotogrammetrico dinamico di ammassi granulari in movimento alla scala di laboratorio // 2013, 17a Conferenza Nazionale ASITA (in italian).
3. Agisoft Photoscan User Manual, Professional edition, version 0.9, 2013.
4. De Toni S., Scotton P., Two-dimensional mathematical and numerical model for the dynamics of granular avalanches // 2005, Cold Regions Science and Technology, 43, 36-48

Раздел VI
Способы защиты от селей и методы расчетов для проектирования и строительства

Part VI
Ways to protect against floods and calculation methods for the design and construction

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ОПОЛЗНЕВЫЕ И СЕЛЕВЫЕ МАССИВЫ МЕТОДОМ ПСЕВДОСТАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА НА ПРИМЕРЕ Г. МАГАДАН

[1]Верховов К.В., [2]Рыбальченко С.В.

[1]ООО СКФ «Росстрой», Южно-Сахалинск, Россия
[2]Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Сахалинский филиал, Южно-Сахалинск, Россия

Авторами статьи был применен псевдостатический метод определения сейсмического воздействия на потенциально селевые и оползневые массивы г. Магадан. Получены уточненные данные амплитудных колебаний для площадок особо ответственных объектов, подверженных воздействию склоновых геодинамических процессов. Проведен сравнительный анализ различных методов расчета сейсмической силы.

Ключевые слова: псевдостатический метод, селевой массив, оползневой массив.

THE DEFINITION OF SEISMIC IMPACTS ON POTENTIAL LANDSLIDE AND MUDFLOW ARRAYS OF THE METHOD OF ANALYSIS PSEUDOSTATICAL ON THE EXAMPLE MAGADAN

[1]Verkhovov K.V., [2]Rybalchenko S.V.

[1]LLC BCF «Rosstroy», Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
[2]Far East Geological institute FEB RAS, Sakhalin department, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

By the authors was applied pseudostatical method for determining seismic impact on potential mudflow and landslide arrays Magadan. Received updated data amplitude oscillations for areas particularly important objects exposed slope of geodynamic processes. A comparative analysis of different methods of calculating seismic forces.

Key words: pseudostatic method, mudflow array, landslide array.

Дискретные сейсмические события (землетрясения) зачастую активизируют множество склоновых процессов (сели, оползни, обвалы и т. д.) или являются непосредственной причиной их возникновения. В связи с этим необходимо учитывать величину сейсмического воздействия при определении расчетных характеристик данных склоновых геодинамических процессов.

Имеющаяся методика СНиП для учета сейсмического воздействия на склоны имеет целый ряд упрощений при расчетах, что в свою очередь приводит к значительному завышению параметров силы сейсма.

Авторами статьи использована методика определения сейсмического воздействия на потенциальные оползневые и селевые массивы методом псевдостатического анализа. Данная методика позволяет решать эти инженерные задачи с учетом оптики твердого тела, геофизики и геодинамики.

Метод псевдостатического анализа был использован при расчете возможного сейсмического воздействия на оползневые и селевые массивы склонов морских террас г. Магадан.

Для оценки реальной сейсмичности площадки было проанализировано местоположение эпицентров ранее происходивших землетрясений в радиусе не более 100 км.

Каталог землетрясений Магаданской области включает около 4000 сейсмических событий, зарегистрированных на обширной территории Северо-Востока (рис. 1). В настоящей работе проанализирована выборка из каталога землетрясений Магаданской области энергетических классов К>8 (т.е. с энергиями более 10^8 Дж) за время с 1968 по 2014 г.г.

включительно. Землетрясения меньших энергий классов не рассматривались потому, что именно в массе слабых толчков могут оказаться антропогенные события - взрывы на разрабатываемых месторождениях, кроме того, часть слабых событий сетью станций пропускается (события оказываются «непредставительными» для статистических оценок). Промышленные взрывы до 100 тонн аммонита (именно такие заряды используются горными предприятиями области) регистрируются сетью станций как сейсмические события до энергетического класса К=8, таким образом, в выборку эти события не вошли.

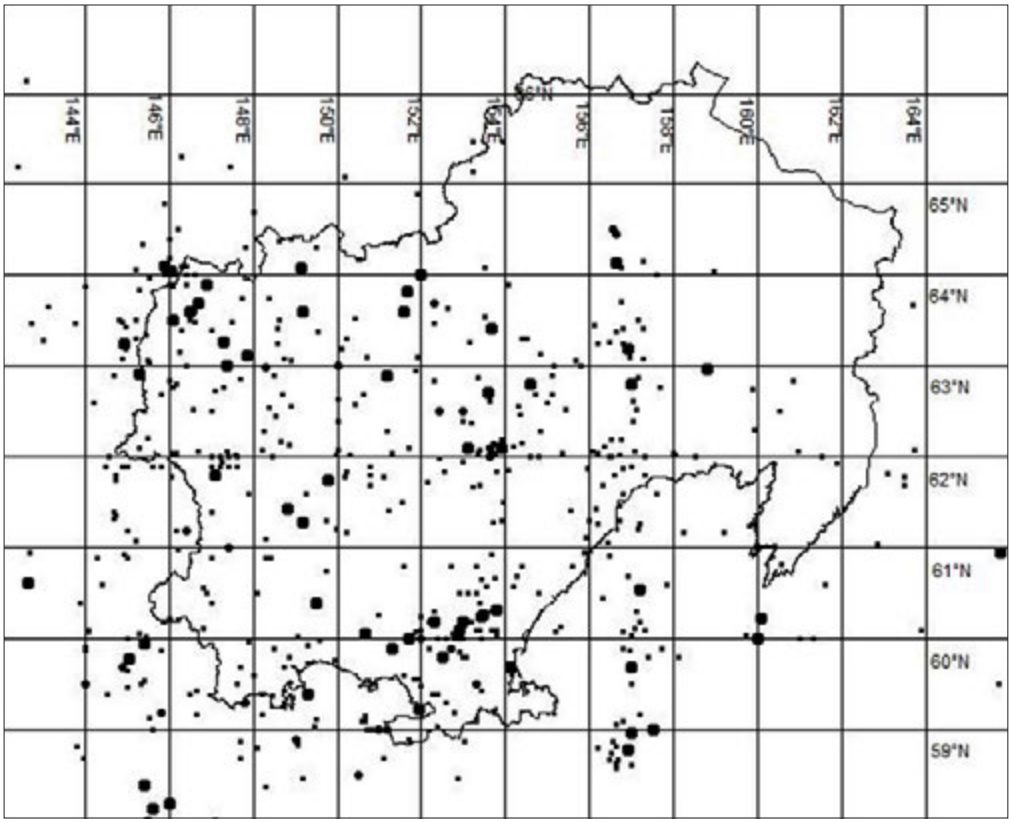


Рисунок 1. Схема размещения эпицентров землетрясений Магаданской области. Мелкими точками представлены эпицентры землетрясений энергетических классов 10≤ К≤12; крупные точки - эпицентры толчков К≥12; контур - граница Магаданской области.

Особое внимание стоит уделить формированию так называемых роев землетрясений, которые на территории Магаданской области приурочены к преобразованию крупных форм горного рельефа под воздействием силы тяготения. Данная сейсмическая активность имеет четко выраженные периоды, продолжительностью около 10 лет. Кроме того наблюдается смещение центров сейсмической активности в восточном направлении.

Согласно картам сейсмического районирования ОСР-2012 на территории г. Магадан возможно возникновение землетрясений силой 6 баллов раз в 100 лет, 7 баллов - 500 лет, 8 баллов –1000 лет, 9 баллов – 5000 лет.

Зависимость интенсивности землетрясения от периода его возникновения можно представить в виде корреляционного уравнения логарифмического типа (формула 1).

$$I = a + b * lgT, \qquad (1)$$

где a, b - эмпирические коэффициенты уравнения сейсмического режима;

T - средний промежуток времени, измеряемый в годах, между землетрясениями силой I баллов.

Было определено корреляционное уравнение сейсмической активности для г. Магадан (формула 2) и построен график его функции (рис. 2).

$$I = 1{,}81 + 2 * lgT. \quad (2)$$

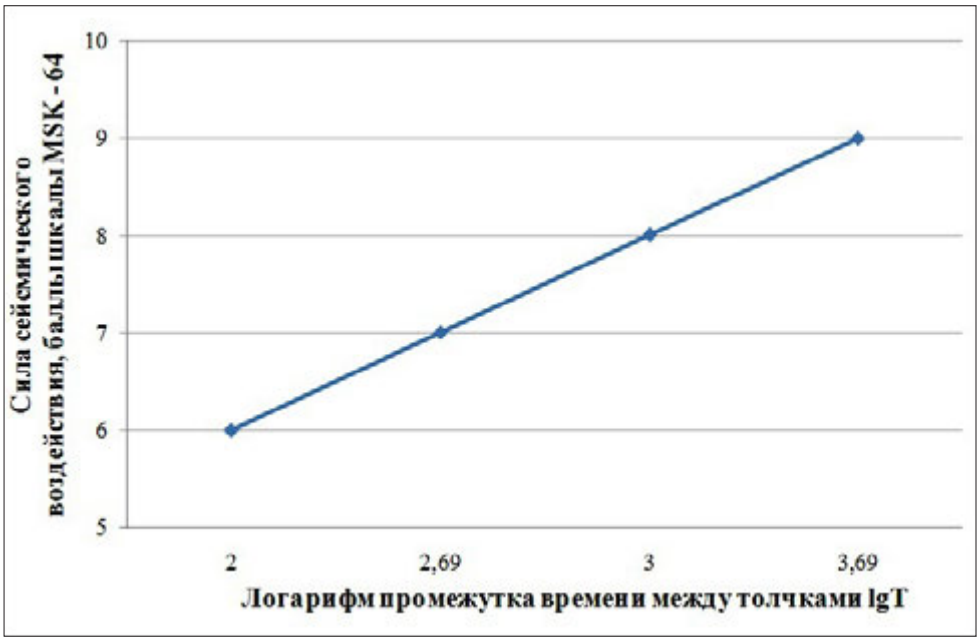


Рисунок 2. График сейсмического режима г. Магадан.

Для расчета уточненной силы сейсмического воздействия был принят период 500 лет, рекомендованный для объектов повышенной ответственности. Данные объекты представлены крупными транспортными магистралями, расположенными в местах возможных склоновых геодинамических процессов.

Уточненная сила сейсмического воздействия составила 7,19 баллов по шкале MSK-64.

По приращению бальности dI определена поправка на сейсмический режим в виде множителя к нормальным амплитудным характеристикам колебаний грунта при толчке Кс.р.=1,14 (формула 3). Как известно, ускорения горизонтальных колебаний грунта при толчках разной силы образуют возрастающую геометрическую прогрессию со знаменателем 2.

$$K\,c.p. = 2^{dI}, \quad (3)$$

где dI - приращение бальности в десятых долях целого балла.

Таким образом, поправка на сейсмический режим в нашем случае увеличивает исходное сейсмическое воздействие на 14 %.

При сейсмическом микрорайонировании нормальные амплитудные характеристики колебаний грунта, уточненные за счет данных о сейсмотектонической обстановке и сейсмическом режиме дополнительно корректируются с учетом местных инженерно-геологических условий. Поправка задается в форме коэффициента, модифицирующего расчетные значения амплитуд перемещений, скоростей и ускорений грунтовой толщи (формула 4).

$$K\,г.p. = 2^{1{,}67\lg\left(\frac{655}{pVs}\right)}, \quad (4)$$

где ρVs - сейсмическая жесткость грунта расчетной толщи, т/м² * с;

ρ - плотность грунта, т/м³;

Vs - скорость поперечных сейсмических волн в расчетной толще, м/с.

Согласно материалам проведенных инженерно-геологических изысканий основной породой слагающей склоны морских террас г. Магадан является супесь (ρ=1,87 т/м^3, Vs=280 м/с). Значение коэффициента К г.р.=1,12. Следовательно, из-за неблагоприятных грунтовых условий амплитудные характеристики колебаний увеличатся на 12%.

Для землетрясения силой 7 баллов нормальные ускорения среднего по сейсмическим свойствам грунта принимаются равными 100 см/с². С учетом сейсмического режима территории, инженерно-геологических условий значения нормальных ускорений составят 128 см/с². Таким образом, сила сейсмического воздействия (формула 5) F=0,24 т/м².

$$F = \frac{a * W}{g}, \qquad (5)$$

где a – горизонтальное сейсмическое ускорение;

g – ускорение свободного падения;

W – удельный вес грунта.

При дальнейших расчетах параметров оползней, селей и прочих склоновых процессов следует учитывать, что проекция вектора силы сейсмического воздействия является его произведением на косинус угла заложения склона.

Превышение значений сейсмической силы при расчете по методики СНиП составило 123% в отличие от метода псевдостатического анализа. Данные результаты наглядно показывают преимущество метода псевдостатического анализа для расчета силы сейсмического воздействия на потенциальные оползневые и селевые массивы.

Литература

1. Аки К., Ричардс П. Количественная сейсмология. М: Мир, 1983. 364 с.
2. Важенин Б.П., Мишин С.В., Шарафутдинова Л.В. Землетрясения Магаданской области. Препринт. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1997. 44 с.
3. Викулин А.В. Физика волнового сейсмического процесса. Петропавловск-Камчат-ский: КОМСП ГС РАН, 2003. 150 с.
4. Кособоков В.Г. Прогноз землетрясений: основы, реализация, перспективы. // Вычислительная сейсмология, вып. 36, М: ГЕОС, 2005. 179 с.
5. Мишин С.В. Сейсмические процессы и сохранение импульса. - Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2004. 115 с.
6. Мишин С.В., Шарафутдинова Л.В. Рельеф как фактор сейсмической опасности // Применение персональных ЭВМ в геологических исследованиях. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2001. с.95-111.
7. Родкин М.В. Статистика кажущихся напряжений и проблема природы очага землетрясения // Физика Земли, 2001, № 8. с.53-63.
8. Гребнев Ю.С. Инженерная защита от опасных геологических процессов. М. ГЕОС, 2008.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОТ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ

Ефремов Ю.В.

Кубанский государственный университет, Кафедра региональной и морской геологии, Краснодар, Россия

Анализируются мероприятия по защите промышленных и рекреационных объектов, дорог и других линейных коммуникаций. Отмечаются три основные группы мероприятий, регулирующих селевой риск. Акцентируется внимание на особенностях строительства объектов, размещаемых в селеопасных районах. Указывается на нарушения строителями существующих строительных норм и правил. Такие нарушения усиливают селевую опасность.

Ключевые слова: эффективность защиты, противоселевые сооружения, мелиорация селевых бассейнов.

ANALYSIS OF EFFICIENCY OF ACTIONS FOR PROTECTION OF INFRASTRUCTURE AGAINST MUDFLOWS

Efremov Yu.V.

Kuban State University, Department of Regional and Marine geology, Krasnodar, Russia

Actions for protection of industrial and recreational facilities, roads of other linear communications are analyzed. Three main groups of the actions regulating torrential risk are noted. The attention is focused on features of the construction objects placed in mudflow areas. It is specified violations by builders of existing construction norms and rules. Such violations increase torrential danger.

Keywords: efficiency of protection, antimudflow onstructions, мelioration of mudflow pools.

Мероприятия по защите инфраструктуры от селевых потоков направлены на уменьшение или ликвидацию селевой опасности. Непосредственными объектами регулирования служат селевой поток, селевой бассейн. В зависимости от объектов регулирования такие мероприятия подразделяются на три основные группы: технические, мелиоративные, организационно-хозяйственные. Коротко рассмотрим сущность этих мероприятий (Ефремов…, 2010).

1. Технические мероприятия – строительство различных противоселевых сооружений с целью предотвращения человеческих жертв, уменьшения возможного ущерба и ослабление селевых процессов. Такие сооружения были построены в горных районах для защиты новых жилых объектов, дорог, линейных коммуникаций и др. Так, в горном кластере Красная Поляна были сооружены противоселевые дамбы, канализированные селевые лотки, галереи, селевые сетки, которые снизили селевой риск и ущерб в районе проведения Зимних Олимпийских игр Сочи 2014. Однако, эффективность таких сооружений оказалась сравнительно низкой.

Самый крупный потенциально опасный селевой бассейн находится в пределах горного кластера Зимних Олимпийских игр Сочи 2014 на р. Сулимовская (правый приток р. Мзымта). Известно, что селевые потоки здесь сходили в 1989, 1995 гг., когда они достигали русла р. Мзымта. 3 июня 2007 г. сель достиг автодороги, идущей на плато Роза Хутор, и остановил движение по ней. Сход селевых потоков в этом районе усилился в последние годы (Ефремов…, 2002).

Селевые потоки были зарегистрированы 2007, 2012- 2014 гг. г. на дороге, ведущей от Эсто-Садок к минеральным источникам в устье р. Пслух. Они сходили здесь одновременно по нескольким мелким лавинно-селевым руслам.

В настоящее время через р. Сулимовская построен арочный мост, а в устье этой реки сооружен канализированный селевой лоток для пропуска селей под мостом. Однако угроза

разрушения электрической подстанции, построенной вблизи моста через р. Сулимовская не устранена, поскольку в ее верховьях при сооружении лыжных трасс возник потенциальный селевой массив (очаг), который находится в неустойчивом положении.

Необходимо подчеркнуть, что подмостовые отверстия по высоте должны быть не менее расчётной глубины потоков в этих створах, а по ширине равны или близки ширине потока. Однако, не всегда выдерживаются строительные нормы и правила, мостовые переходы строятся без учета мощности селевых потоков, что приводит иногда к закупориванию селепропускников. Канализированные селевые русла для беспрепятственного пропуска по ним последующих селевых потоков приходится периодически расчищать от остатков ранее прошедших селевых потоков (Рис. 1).

Рисунок 1. При сходе селевого потока по р. Сулимовская подмостовое пространство было заполнено селевым материалом. Фото Ю. Ефремова.

Не всегда проектные решения и реализация конструкторских предложений соответствуют природным условиям, и нередко построенные защитные сооружения разрушаются селевыми потоками и создают катастрофические ситуации. Яркий пример тому - протиселевая галерея, сооруженная на федеральной автомобильной трассе с. Эсто-Садок – устье р. Пслух (Ефремов…, 2012)

Во время схода селевого потока 10 апреля 2012 г. металлогофрированная конструкция была повреждена на ширину до 50 м, а 12 апреля конструкция пробита и разрушена на ширину до 80 м (Рис. 2). Объем селевых отложений составлял от 2000 до 12 000 куб. м (Ефремов, Самаркин, 2012).

Рисунок 2. Сооружаемая противоселевая труба была разрушена первым селевым потоком. Фото Ю. Ефремова. Март 2012 г.

Надежность сооружений и мероприятий инженерной защиты следует определять с учетом класса или категории защищаемого объекта. При необходимости следует предусматривать дублирование отдельных элементов сооружений инженерной защиты, а также соответствующую систему их обслуживания, включая мониторинг.

2. Мелиоративные мероприятия – важнейший элемент контроля за селевыми процессами и явлениями. Способами гидро- и фитомелиорации в селевых бассейнах служат облесение и террасирование склонов, профилактический спуск эфемерных озер и др. Эффективным мероприятием по предотвращению селевой опасности является удаление строительных грунтов и мусора с селеопасных склонов с целью предотвращения смыва рыхлых отложений в селеносные русла рек. Накопление переотложенных грунтов и строительного мусора на крутых склонах, вырубка леса, подрезание склонов при прокладке дорог и других линейных коммуникаций создают потенциальную опасность схода антропогенных селевых потоков.

Многие из сооружаемых объектов строятся в селеопасных зонах, вопреки существующим рекомендациям по уменьшению ущерба и риска в районах строительства. Некоторые сооруженные объекты создают потенциальную селевую опасность. Например, рыхлые отложения, возникающие при строительстве федеральной трассы ГЛК «Роза Хутор» и других олимпийских объектов, сбрасывались в русла мелких рек, впадающих в р. Мзымта. Скопление этого рыхлого субстрата привело к регулярному сходу селевых потоков в последние два года, которые в предыдущие годы здесь не наблюдались (Рис. 3).

3. Организационно-хозяйственные мероприятия, в которые входят законы и постановления органов исполнительной власти РФ и местного самоуправления. Такие законодательные акты направлены на максимальное сохранение лесного покрова на склонах гор, ограничение нагрузки на горные пастбища, контроль и оповещение за надвигающейся селевой угрозой. Регистрация сошедших селевых потоков из-за отсутствия постоянных наблюдений за ними – сложная проблема. Поэтому сведения об их сходе носят эпизодический характер.

Наилучшие результаты дает сочетание всех групп мер защиты, в особенности мелиоративной и технической. Основные мероприятия по защите хозяйственных и рекреационных объектов и регламентация действий, направленных на уменьшение селевой опасности, определены различными нормативными документами, руководствами и правилами.

Рисунок 3. Строящаяся противоселевая галерея на дороге с. Эсто Садок – устье р. Пслух была засыпана селевыми отложениями.

Весь комплекс мероприятий по защите от селевых потоков должен осуществляться противоселевой службой или специализированными партиями, которые в настоящее время по разным причинам фактически не созданы.

Выводы

Эффективность защиты населенных пунктов, промышленных и иных объектов от селевых потоков зависит от многих факторов. Большую роль в определении селевой опасности играет своевременное проведение специалистами обследований склонов и русел тех горных бассейнов, где когда-либо наблюдались селевые потоки или где их можно ожидать. Особенное значение такие обследования имеют там, где внизу, на выходе селевого ущелья, расположены селения, дороги или другие объекты. Опытный глаз специалиста по отложениям предыдущих селей (их часто называют конусами выноса) и по другим признакам всегда определит, возникали ли когда-либо сели в данном бассейне.

Для эффективной борьбы с селевыми потоками необходимо создать ведомственные мониторинговые службы. Главное предназначение таких подразделений – своевременное предупреждение населения и различных организаций о надвигающейся селевой угрозе. Это в первую очередь относится к населенным пунктам Красная Поляна, Эсто-Садок, Кепша и рекреационному комплексу в нижнем течении р. Чвежипсе.

Надо полагать, что в ближайшее время селевая опасность в указанном районе сохранится, если не будут разработаны дополнительные меры по уменьшению селевого риска и ущерба.

Литература

1. Ефремов Ю.В.. Чернявский А.С. Закономерности распространения селевых процессов на Черноморском побережье Кавказа // Геоморфология. 2010. № 2. С. 60-69.
2. Ефремов Ю.В. Антропогенные селевые потоки в бассейне реки Мзымта // Труды международного семинара к 10-летию катастрофы на леднике Колка. 20 сентября 2002 г. «Опасные природные процессы в горах: уроки Кармадонской катастрофы». Владикавказ: Изд-во Иристон, 2012. С. 15-168.
3. Ефремов Ю.В., Самаркин-Джарский К.Г. Проблемы обеспечения экологической и энергетической безопасности объектов в горном кластере Зимних Олимпийских игр Сочи 2014 // Материалы 7-й Международной научно-практической конференции. Сочи, 2012. С. 239-242

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СХОДА СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ НА ОБЪЕКТЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ РОССИИ

[1]Ковалёва Я.В., [2]Кудрявцев С.А.

[1]Дальневосточная железная дорога - филиал ОАО «РЖД», Хабаровск, Россия
[2]Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск, Россия

Статья описывает инновационное инженерно-техническое решение, направленное на автоматизированную передачу данных о сходе селевых потоков на железнодорожный путь и этапы работ по внедрению проекта на полигоне Дальневосточной железной дороги.

Ключевые слова: система мониторинга, безопасность движения поездов, селевые массы.

MONITORING SYSTEMS WARNING DESCENT OF MUDFLOWS ON OBJECTS INFRASTRUCTURE RUSSIA RAILWAYS

[1]Kovaleva Y.V., [2]Kudriavtcev S.A.

[1]Far Eastern Railways – a branch of Russian Railways, Khabarovsk, Russia
[2]Far Eastern State Transport University, Khabarovsk, Russia

In this article describe the innovation engineering-technical decision, which are direct on the automatic data transmission about the go down mud flow on the rail road and the work stage to adoption a project in the border of the Far Eastern Railways.

Key words: system monitoring, safety of train traffic, mudflow mass.

К одним из наиболее опасных природных стихий относятся сходы снежных лавин, селевые потоки, обвалы скальных пород. Ежегодно они наносят огромный экономический ущерб, на длительное время парализуя движение поездов и гибель людей. Для ликвидации последствий этих катастроф требуется привлечение значительных финансовых средств, людских и материально-технических ресурсов.

Стратегическими направлениями научно-технического развития ОАО «РЖД» на период до 2030 года поставлены задачи создания условий устойчивого, безопасного и эффективного функционирования железнодорожного транспорта, как организующего элемента транспортной системы страны.

На Дальневосточной железной дороге имеется более 50 таких мест. Для обнаружения таких негативных процессов на объекты инфраструктуры железных дорог разработан комплекс мониторинга: «Автоматическая система предупреждения о сходе снежных лавин, селевых потоков на железнодорожный путь».

Система относится к техническим средствам, предназначенным для организации автоматизированных постов и используется для оповещения о сходах снежных лавин, селевых потоков на железнодорожный путь.

Задача, на решение которой направлена работа системы, состоит в применении относительно недорогих деталей, улучшении оперативности, а также экономии денежных средств на мероприятиях по надзору ликвидации последствий снежных завалов на железнодорожных путях.

Технический результат, достигаемый при эксплуатации системы, состоит в расширении возможностей мониторинга за неблагоприятными природными явлениями, которые прямым или косвенным образом влияют на работу путевого комплекса.

К достоинствам технического решения разработанной системы относятся: простота

конструкции, надёжность применяемого схемного решения, многофункциональность.

Непрерывность контроля достигается за счёт установки системы в непосредственной близости от железнодорожного пути.

На рисунке 1 представлена структурная схема установки системы на однопутном участке перегона железной дороги с автоблокировкой. Система представляет собой замкнутую цепь из датчиков наклона - 1 (герконов), установленных в металлические стаканы - 2, связанных физической линией - 3 с магистральным кабелем - 4, включенным в цепь межперегонной связи - 5 через шкаф межперегонной связи - 6.

На рисунке 2 в правом верхнем углу представлено устройство контроля схода масс, которое включает в себя герконовый датчик наклона - 1, размещённый в металлическом стакане и залитый для герметичности эпоксидным составом. Металлический стакан, расположен на гибком упругом стержне - 8, установленном внутри металлической трубы - 9.

В зоне датчика наклона - 1, перпендикулярно направлению фронта предполагаемого схода масс, установлена напорная металлическая сетка - 10. На наружной стенке стальной трубостойки - 9 имеются винтовые клеммы - 11 для кабельных соединений.

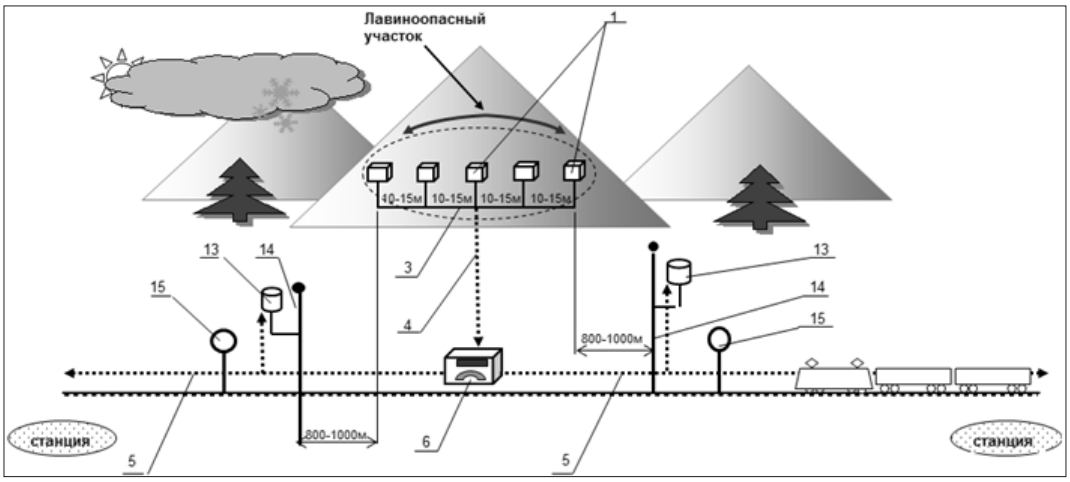


Рисунок 1. Структурная схема установки системы мониторинга.

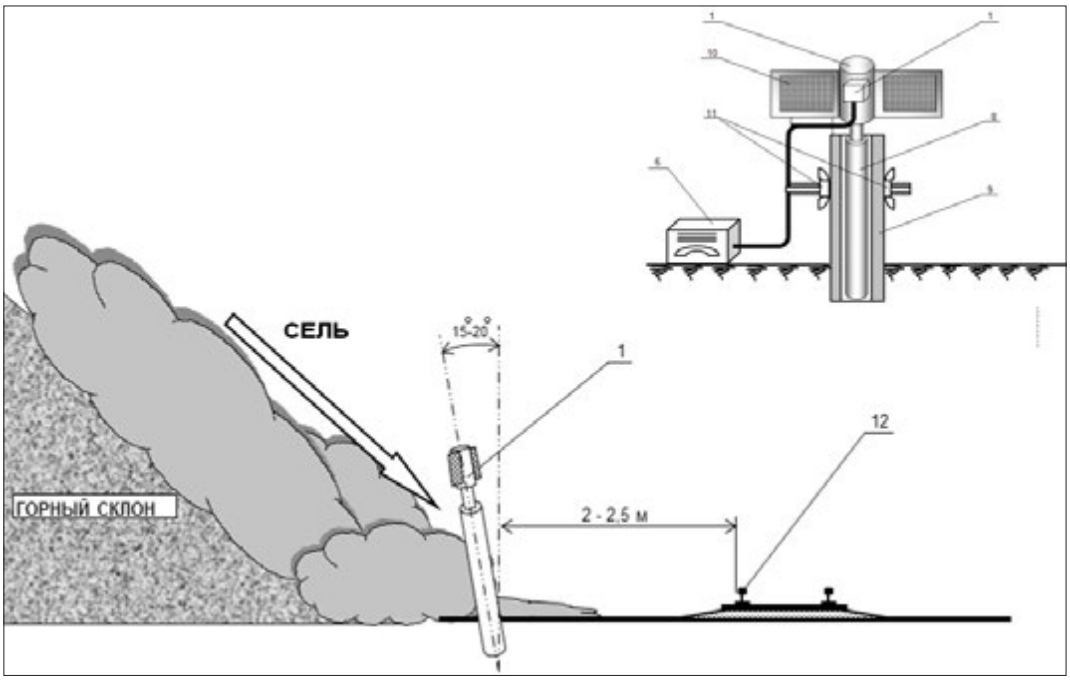


Рисунок 2. Схема устройства контроля схода масс.

На рисунке 2 изображена установка устройства контроля схода масс. Металлическая трубостойка 9 заглублена в грунт на глубину 20–30 см на расстоянии 2–2,5 м от головки крайнего рельса железнодорожного пути 12 и во избежание случайного ложного срабатывания датчик наклона 1 имеет наклон 15–20 градусов в сторону предполагаемого схода снежной лавины.

На расстоянии приблизительно 800–1000 метров по обе стороны от границ предполагаемого фронта схода снежных масс, вдоль железнодорожного пути 12, на опорах 13 установлены проблесковые маячки 14, связанные электрической связью с датчиками наклона 1.

Под давлением масс, от сошедшего селя, на напорные металлические сетки 10, установленные на гибких упругих стержнях 8, датчики наклона (герконы) отклоняются от первоначального положения по ходу движения массы, при этом происходит замыкание контактов стандартных герконов 7, в результате чего электрический сигнал от датчиков наклона 1 по магистральному кабелю 4 через шкаф межперегонной связи 6, по кабелям цепи межперегонной связи 5, передается на диспетчерские пульты станций и проблесковые маячки 14. Загорающийся красный свет от проблесковых маячков предупреждает машинистов поездов о необходимости применения торможения.

Поступивший на пульт сигнал, передает информацию о сходе снежной лавины дежурному по станции, и включается автоматический речевой радиоинформатор для оповещения локомотивных бригад.

Для дополнительного контроля вся информация о работе Системы записывается на жёсткий диск.

В период внедрения системы мониторинга (2011-2012 гг.) на полигоне Дальневосточной железной дороги проведены следующие этапы работ:

- проведены патентные исследования с целью определения уровня техники и новизны Системы, получен патент 10 октября 2012 № 120937.
- разработан технический проект Системы, включающий паспорт, комплект рабочей документации по разделам строительства, энергоснабжения, связи, техники безопасности, экологии и др.;
- паспорт проекта автоматической Системы согласован с причастными службами, утверждён начальником Дальневосточной дирекции инфраструктуры;
- разработана конструкторская и проектная документация.
- разработана программа и методика предварительных испытаний компонентов системы мониторинга»;
- проведены натурные испытания функционирования временной Системы в лабораторных условиях по программе предварительных испытаний;
- проведены земляные работы для укладки кабелей и оборудования инфраструктуры, в том числе установке оснований под датчики, установка трансформаторов КТП;
- разработана и утверждена Инструкция «О порядке действия работников железнодорожного транспорта на участке при срабатывании системы мониторинга.

Использование предлагаемой системы мониторинга позволяет повысить безопасность движения поездов, сохранить жизнь и здоровье работников и оперативно принимать меры по устранению природных катастроф на железных дорогах.

Литература

1. Технический паспорт «Автоматической системы предупреждения о сходе снежных лавин, селевых потоков на железнодорожный путь», 2012 г.
2. Стратегия развития ОАО «РЖД» на период до 2030 года, утверждена советом директоров ОАО «РЖД» (протокол №19 от 23 декабря 2013 г).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМАТОВ В ЗАКРЕПЛЕНИИ СКЛОНОВ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА (НА ПРИМЕРЕ О. САХАЛИН)

Лобкина В.А.

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,
Сахалинский филиал, Южно-Сахалинск, Россия*

По завершению работ по строительству трассы нефте-газопроводов по проекту «Сахалин-2» восстановление почвенно-растительного покрова происходило с использованием биоматов, которые позволяют закрепить подверженные эрозии участки трассы. Биоматы должны разложиться в течение 1-3 лет и восстановить травянистый покров. Однако, практика использования биоматов в условиях Сахалина показала, что полотно не разложилось, озеленение склонов произошло фрагментарно, а возложенные на него функции по уменьшению поверхностного стока и защиты от эрозии работают недостаточно эффективно. На некоторых участках произошел сход оползней и селей вместе с закрепленными на его поверхности биоматами.

Ключевые слова: биоматы, опасные процессы, Сахалин, трубопровод.

USING BIOMATS IN FIXING SLOPES ON THE NORTH (ILLUSTRATED SAKHALIN ISLAND)

Lobkina V.A.

Far East Geological institute FEB RAS, Sakhalin department, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Upon completion of work on the construction of oil and gas pipelines for the project "Sakhalin-2" restoration of soil and vegetation cover was using biomat. Biomat must decompose within 1-3 years and restore grass cover. However, the practice of using biomats on Sakhalin showed that biomats not decomposed, landscaping slopes not complete, and a decrease in surface runoff and erosion protection is not effective. In some areas, there was a landslide and debris flow along with the fixed surface biomat.

Key words: biomat, dangerous processes, pipeline, Sakhalin.

Биоматы используют для восстановления растительного и почвенно-грунтового слоя в рамках инженерной защиты территории. Объектами применения биоматов обычно являются подверженные эрозионным процессам грунты общепланировочных насыпей, откосов/насыпей железнодорожных и автомобильных дорог, трасс нефте- и газопроводов, грунтовые поверхности карьеров.

К настоящему времени разработано более 20 основных марок биоматов, которые отличаются по условиям их применения, по количеству и составу наполнителя (органические и минеральные удобрения, семена растений, биологически активные почвообразующие вещества, влагоудерживающие компоненты и т.п.).

Производители заявляют о том, что применение биоматов является экологически безопасным для окружающей среды, а восстановление почвенно-растительного слоя происходит за один летний сезон без укладки плодородного почвенного слоя. Так же указывается эффективность работы биоматов в сложных природных условиях районов Крайнего Севера и приравненных к ним территориях, где природная среда особенно чувствительна к внешним воздействиям, и происходящее полное или частичное уничтожение растительного покрова крайне резко активизирует опасные экзогенные процессы.

Биомат состоит из неразлагаемой синтетической части, основы биомата, которая сохраняется в виде армирующего почву слоя, и биоразлагаемой части, которая усваивается в почве. Принцип работы биомата основывается на том, что в течение 1-2 лет с момента настила материала на «опасный склон» происходит формирование равномерного травостоя с обширной корневой системой, которая углубляясь в почву, связывает ее и образует дернину. В период развития и укоренения растений, биомат осуществляет все защитные функции, исключая эрозионные процессы и улучшает водный режим на склоне, так как травяной покров выступает в качестве биологического дренажа, значительно увеличивая устойчи-

вость откосов. При этом биомат должен полностью усваиваться в почве!

На территории Сахалина по проекту «Сахалин-2» была построена трасса магистральных нефте-газопроводов, которая вытянута меридионально вдоль большей части острова. Протяженность трассы около 816 км, из которой более половины проложено в горной местности и/или по территории подверженной воздействию опасных экзогенных процессов.

Основное воздействие на природную среду, оказанное при прокладке трубопроводов, выражается в снятии почвено-растительного покрова, нарушении целостности грунтов, изменении углов естественных откосов, сооружении отвалов горных пород и т.д.

Работы по укладке магистральных нефте-газопроводов привели к формированию потенциальных антропогенных селевых массивов и к активизации оползней и селей природного и техногенного характера [2].

Основное количество площадок отвала грунта, образованных в ходе строительства трубопроводов, расположено на крутых склонах долин рек, что в сочетании с плохой сцепленностью пород способствовало сходу оползней, которые на некоторых участках трансформировались в сели или сходу связных селей при достаточном количестве влаги.

Кроме того, работы, проводимые на бортах русел селеносных рек, привели к разуплотнению селевых отложений.

Для закрепления откосов трассы, площадок складирования грунта и защиты трассы от эрозии при рекультивации были использованы биоматы, которые должны были способствовать восстановлению растительности на склонах, подверженных эрозии. Эрозию склонов, в данном случае, можно считать первопричиной образования природно-антропогенных селей и оползней.

Комплекс работ по закреплению опасного склона включал отсыпку постоянных рассекателей склона для снижения скорости поверхностного стока, укрепленных каменной наброской; укрепление берегов водотоков противоэрозионными габионными сооружениями матрацного типа; восстановление растительности на склонах (посев трав).

Противоэрозионный эффект от высева трав достигается за счет скрепления поверхности грунта корневой системой растений, что обеспечивает естественный дренаж и уменьшает вероятность разуплотнения пород и препятствует накоплению материала в селевых бассейнах.

Для закрепления растительного слоя использовались искусственные и естественные материалы в частности – энкаматы (маты из полиамидных монофиламентов) и кокоматы (маты из кокосовых волокон).

Рисунок 1. Участок трассы нефте-газопроводов. Склон после завершения технической рекультивации.

По завершению мероприятий по рекультивации склоны выглядели, как показано на рис. 1. Позднее на подготовленном склоне проводились мероприятия по гидропосеву, которые на некоторых участках спровоцировали развитие эрозии и сход оползней. Дополнительный принос влаги на переувлажненные склоны стал тригерным механизмом формирования техногенных селей небольших объемов с овалов грунта и откосов трассы нефте-газопроводов, что особенно сильно проявилось в Макаровском районе.

Эксплуатация магистральных нефте-газопроводов по проекту «Сахалин-2» была начата в 2009 г., с этого момента прошло 5 лет и согласно технических характеристик все использованное биополотно должно было разложиться и бронировать склоны. Однако, практика использования биоматов в условиях Сахалина показала, что полотно не разложилось (рис. 2), озеленение склонов произошло фрагментарно, а возложенные на него функции по уменьшению поверхностного стока и защиты от эрозии работают недостаточно эффективно.

Рисунок 2. Откос трассы нефте-газопроводов с оползневыми сдвигами.
Не работающие кокоматы, время настила 3-5 лет назад.

На некоторых участках произошел сход оползней вместе с закрепленными на его поверхности кокоматами (Рис. 3). В ряде случаев оползни сошли в русла рек, при этом сетка кокомата способствовала задержанию грунта в русле и провоцировала запруживание реки, что способствует возможности формирования природно-антропогенных селей.

Рисунок 3. Активный оползень на одном из участков трассы способствующий накоплению материала в русле селеносной реки.

Анкеры и скобы, с помощью которых крепилось биополотно, на многих участках трассы вывернуты в результате пучения грунта на склоне. Трещины и сдвиги отмечены на многих склонах вдоль трассы.

Причинами малой эффективности применения биоматов на территории Сахалинской области послужили:

1. Нарушение технологии укладки биоматов;
2. Сложные климатические условия;
3. Неверный подбор биоматериала (семян), основы (волокна);
4. Недооценка скорости разложения биоматериала.

Согласно ГОСТ [1] укладка биоматов должна осуществляться вдоль склона, однако в ряде случаев биоматы были уложены поперек склона, что не способствовало регуляции поверхностного стока, и способствовало активизации эрозии склонов.

Климатические условия острова (высокая влажность при низких летних температурах, продолжительный период залегания снежного покрова и др.) обусловили низкую скорость разложения материалов биоматов, что привело к замедлению скорости естественного дренажа и застойным процессам в биоматах. В результате чего посевной материал, содержащийся в биоволокне, сгнил и восстановления травостоя не произошло.

Древесная растительность, проросшая сквозь сетку биомата, позволяет судить о времени ее настила, на некоторых участках трассы возраст подроста составляет 3-6 лет при условии, что биосетка должна усвоится в течение 1-2 сезонов.

Все обнаруженные факты позволяют говорить о том, что возможность использования подобных материалов для закрепления потенциальных селевых массивов в условиях Крайнего Севера и приравненных к ним территориях должна быть дополнительно проверена. Кроме того, следует учитывать, что при восстановлении трассы магистральных нефте-газопроводов по проекту «Сахалин-2» были использованы кокоматы, которые были произведены из кокосового волокна, о скорости разложения которого в условиях Севера, нет достоверных данных. В качестве альтернативного биополотна, можно использовать полотно из соломы, для которого характерна наибольшая фильтрация поверхностного слоя грунта и наилучшие скорости разложения, к тому же это биополотно более свойственно природе северных территорий.

Литература

1. ГОСТ 17.5.3.04-83 (СТ СЭВ 5302-85). Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель.
2. Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В. Экзогенные геодинамические и русловые процессы в низкогорье о. Сахалин как факторы риска для нефтегазопроводов «Сахалин-2» // Геоэкология, М., 2008. №6, с. 483-496.

DYNAMIC RESPONSE ANALYSIS ON DEBRIS FLOW DAM INSTALL SPRING LATTICE UNDER IMPACT FORCE

[1,2]Wang Xiuli, [1,2]Lv Zhigang, [1,2]Li Junjie.

[1]School of Civil Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, China
[2]Western Center of Disaster Mitigation in Civil Engineering of Ministry of Education, Lanzhou, China

To solve the problem which debris flow dam to damage under massive stone impact, a spring lattice debris flow dam is proposed which is consists of front steel frame, the middle spring and back concrete dam. Spring lattice debris flow dam and ordinary gravity dam is simulated with finite element analysis software LS-DYNA. The stress distribution, impact, reaction force and displacement time history curve under typical conditions are obtained. In addition, the effects of collision quality, speed and collision position, spring stiffness on dam are obtained. The results show that the stress distribution of spring lattice debris flow dam is more homogeneous than ordinary gravity dam. And the impact force, reaction force and displacement of spring lattice dam is much smaller than the ordinary dam. The biggest impact force, reaction force and displacement of spring lattice dam increases with increase of spring stiffness, but the degree of reduction decreases with increase of spring stiffness.

Key words: spring lattice dam, impact resistance, dynamic property, numerical simulation, LS-DYNA.

Introduction

Debris flow always taking place after serious earthquake. Debris flow caused a great loses of life and property. On August 8th, a devastating mudslide broke out in Zhouqu, Gansu province, which was the most serious debris flow disaster since the foundation of the people's republic of China. In this disaster, 1471 people were killed, destroying 5508 buildings, making 496 people missed. The main reason of destroying mudslides blocking dam is the impact of large stones. With the characters of huge quality and fast speed, they have powerful and destructive impact energy. In order to improve the ability of dam against debris flow impact and ensure that it is not damaged during the debris flow, a spring lattice dam against debris flow (hereinafter referred to as the spring lattice dam) has been proposed in this paper. The simulation of spring lattice dam under impact load using LS-DYNA software in this paper. Compared with ordinary gravity dam were analyzed. The analysis results show that stress distribution on the spring lattice dam is more uniform than ordinary dam under the large stone impact. The stress level significantly decreased. The impact force on the spring lattice dam and displacement decreased significantly compared with ordinary dam.

The construction of spring lattice dam

In order to ensure the safety of the dam against debris flow, the new innovation type of the dam has been proposed based on the concept of "exhausted energy before dam working against debris flow". It means that we shall put some energy consuming unit ahead the dam. So the new type dam is consist of three part: the front (steel frame dam), middle(spring), and rear dam(reinforced concrete). According to the adjustment of structure stiffness principle to reduce the impact force, the function of front parts on spring lattice dam is used anti the impact force of the large stone when it hit the front part of the frame due to the plastic deformation occurred. So it is as to absorb a part of energy. This process can avoid the damage the working dam under direct impact of huge stone. For the convenience of install spring, the slope between spring lattice dam upstream surfaces and the dorsal stream surface is 1:0.67. Limited to the computing capability of computer and numerical simulation of maneuverability, debris flow dam size is selected small in this paper. The spring length is 0.25m. The front frame spring lattice dam is H steel (100 X50X5X7). The layout of the form is well shaped. The steel has high strength and good ductility. The middle spring compression in steel frame deformation, but also played a role in buffering and energy. Actually, large stone impacts position on the dam is uncertainty during flow debris flow occurrence. In order to make

spring to play better function when the stone block impact spring lattice dam and make convenient for spring arrangement, the frame is design by the horizontal and vertical H type steel. The size of the frame is enough small and joints of gird are used for install springs. The composition of spring lattice dam as shown in Figure 1.

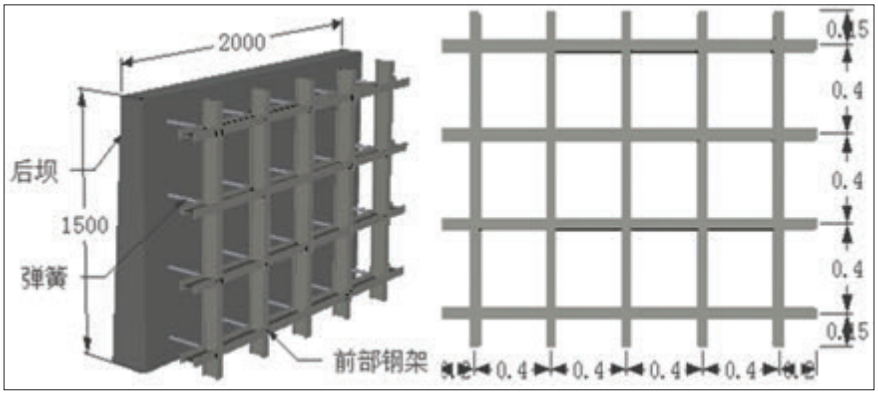


Figure 1. The composition of spring lattice dam.

Analysis performance under impact force of two dams

1. Finite element model

Finite element model of spring lattice dam, H type steel in front of the steel used in the SHELL163 element, shear factor 5/6, intermediate spring by COMBIN165 unit, the dam and ordinary dam by SOLID164 unit. The boulder is simplified as the ball was simulated using the SOLID168 unit, the steel ball, the constitutive model of the rigid body model. Spring lattice dam front frame by Q345 steel, the ideal elastoplastic model, the spring stiffness 200kN/m. Spring lattice dam dam and dam materials are made of C20 concrete, a constitutive model for elastic perfectly plastic model. The dam is 2m long, 1.5m wide and 0.3m high. Dam bottom width is 0.4m. In the analysis process, the target surface and the contact surface is known, but the contact position is not determined, so the contact algorithm automatically contact surface. Fig. 2 shows the finite element model for spring lattice dam and ordinary dam.

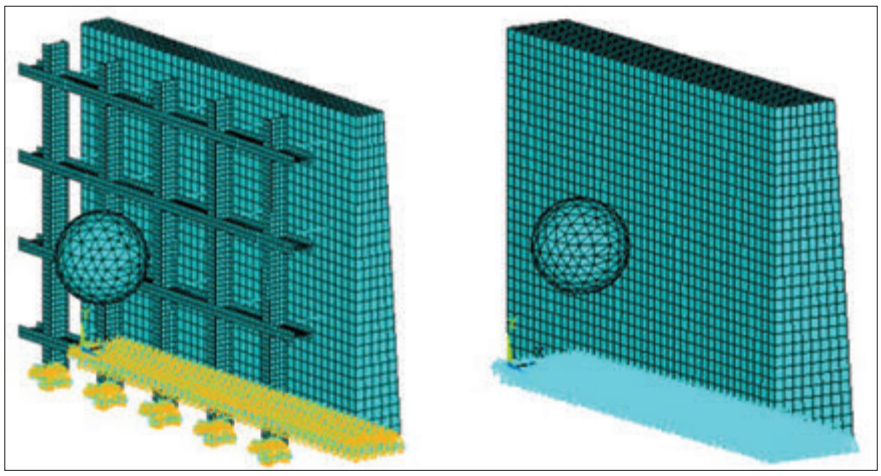


Figure 2. Finite element model of spring lattice dam and ordinary dam.

2. Deformation and stress analysis and comparison

The application of LS-DYNA software has been used. The ball quality is 0.9t, speed is 8m/s, impact height is for typical conditions is 0.75m during numerical simulation. Deformation, impact force, displacement, stress as well as energy of the ordinary dam and spring lattice dam were analyzed. Fig. 3 is shows the deformation of the ordinary dam and spring lattice dam.

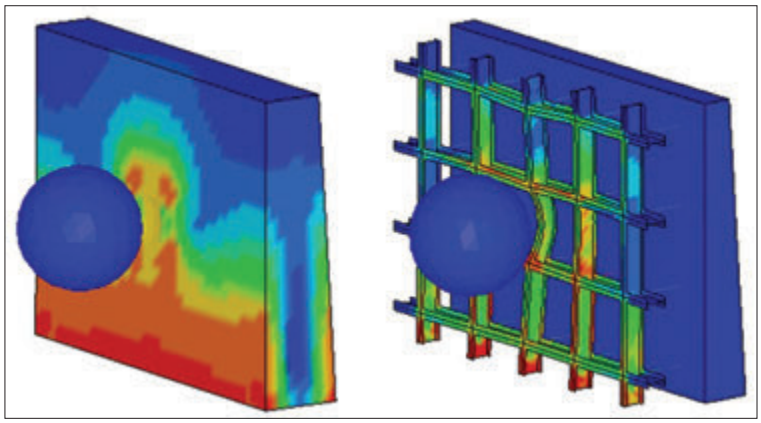
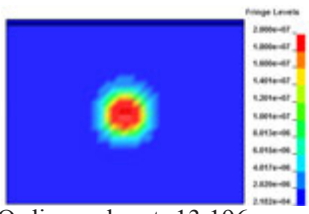
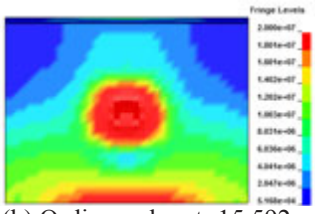


Figure 3. Deformation of ordinary dam and the spring lattice dam.

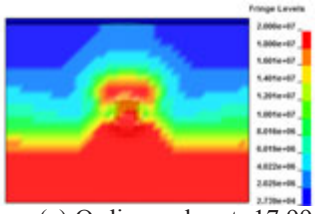
Figure 3 shows that collision and contact point of the concrete had large plastic deformation for ordinary dam under impact by steel ball. Spring lattice dam did not directly impact by steel ball. And the spring played a certain role of a buffer, the front frame appears obvious plastic deformation, the after dam has almost no plastic deformation. Figure 4 shows that VonMises stress nephogram for ordinary dam and spring lattice dam after different time. From Figure 4 can be seen, t=13.196ms, ball and ordinary dam just contact, contact parts of the concrete deformation is obvious, the formation of a diameter of about 10cm impact crater, the range of concrete reaches the ultimate compressive bearing capacity; increase with time, stress common dam by collision contact the regional extension outward, as well as by the middle to upper part of the dam base and peripheral expansion, and the stress of dam shoulder has smaller. Spring lattice dam at t=13.196ms, ball contact and the front frame, this time after the dam on the steel ball impact 6 spring near the site of the supporting concrete appeared less stress; with the increase of lattice in a row, spring spring dam top connection point concrete also appeared less stress, and with the compression of the spring, spring lattice dam stress after the dam appears layered distribution, and gradually from bottom to top extension. In the whole process of impact, stress spring lattice stress dam is always less than the ordinary dam, this is because ordinary dam directly affected by the impact of shock, and the spring lattice dam by the impact, the first contact to the front frame, to its plastic deformation dissipation of impact energy, after the spring is compressed to absorb energy. The front frame and the spring buffer will be a concentrated force conversion more concentrated force, thereby reducing the effect on the impact of the dam, reduce the impact characteristics, so that after the dam stress distribution more uniform. The maximum stress only 9.73MPa spring lattice dam dam dam, and the general impact, collision contact point and the bottom of the dam body stress value reached 20MPa.



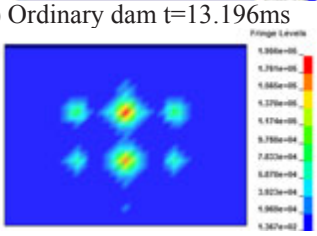
(a) Ordinary dam t=13.196ms



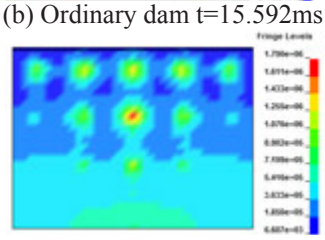
(b) Ordinary dam t=15.592ms



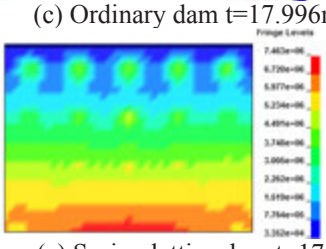
(c) Ordinary dam t=17.996ms



(a) Spring lattice dam t=13.196ms



(b) Spring lattice dam t=15.592ms

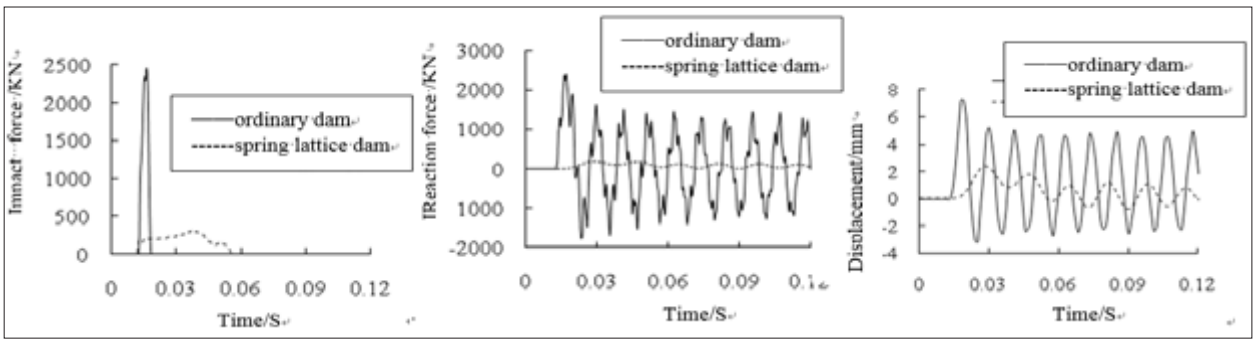


(c) Spring lattice dam t=17.996ms

Figure 4. The stress contour of two dams at different time (Pa).

3. Impact force, support force, displacement analysis

Ordinary dam in force for the horizontal bottom dam direction shear, spring lattice dam force spring lattice dam base shear, ordinary dam displacement for the central horizontal displacement of dam crest, spring lattice displacement of dam crest after central horizontal displacement. Figure 5 respectively shows the time history curves of impact force and displacement for ordinary dam and spring lattice dam.



(a) Impact force (b) Reaction force (c) Displacement

Figure 5. The time history response of different dam

From figure 5 can be seen, the impact force of spring lattice dam are much less than those of ordinary dam, the maximum only ordinary dam 1/7.5, impact force and spring lattice dam lasted longer than ordinary length of dam, is about 6 times the normal dam dam dam; spring lattice the force and bit shift than ordinary dam reduces a lot, and reaches the maximum in the first peak, then back down at the zero value fluctuation, maximum force and displacement are only ordinary dam 1/13 and 1/3.3. The analysis shows that the front frame and intermediate spring exists, the impact force spring lattice dam decreases obviously, and the spring lattice dam dam force and displacement are decreased obviously after the dam to protect from damage.

Conclusion

1 Compared with the normal dam, spring lattice dam against debris flow has superior anti impact performance. Its stress distribution, the maximum force and displacement is less than that of common dam. The maximum impact force is reduced significantly, which can effectively solve the ordinary dam against debris flow easily in big stone impact the damage.

2 For the collision contact point by the large stone impact, ordinary dam concrete has larger plastic deformation, spring lattice dam front frame appears obvious plastic deformation due to the buffering effect front frame and spring. The front steel frame and spring like buffer will be reduce the impact force. So the rear dam stress distribution is more uniform, and it was significantly lower than that of ordinary dam.

3 The maximum stress in general dam is 20MPa in the impact process. The maximum stress of spring lattice dam is only 9.73MPa. The maximum impact force, spring lattice dam force, displacement decreased significantly compared with ordinary dam.

4 The front dam produced by plastic deformation and the compression the spring deformation can absorb most of the energy of the spring lattice in collision process. Respectively, the spring lattice dam increase in the impact energy is very small due to the energy dissipation effect. Thereby spring lattice can reduce the impact force of rear impact prevent damage caused by large stone.

References

1. KANG Zhicheng, MA Ainai, LI Chao-fen, etc. Debris Flow Research in China [M]. Beijing: Science Press,2004:2-3
2. CUI Peng, LUI Shijian, TAN Wanpei. Chinese Debris Flow Forecast Research Status and Prospect [J]. Journal of Natural Disasters, 2000, 9 (2):10-15.
3. HE Siming, WU Yong, SHEN Jun. Simplified calculation of impact force of massive stone in debris flow [J]. Journal of Natural Disasters, 2009, 18(5):51-56.
3. Ik Hyeon Choi, Cheol Ho Lim, Low-velocity impact analysis of composite laminates using linearized contact law[J]. Composite Structures, 2004, 66:125-132.
4. Mang wandi C, Cheong, Y S Hounslow, M J, AD. S alrnan. The coefficient of restitution of different represtative type of granule [J]. Chemical Engineering Science, 2007, 62:437-450.
5. ChuanYu Wu, LongYuan Li, Colin Thornton, Energy dissipation during impact of elastic and elastic-plastic spheres[J]. International Journal of Impact Engineering, 2005, 32:593-604.
6. B. Pichler, Ch. Hellmich, H.A. Mang. Impact of Rocks onto Gravel Design and Evaluation of Experiments. International Journal of Impact Engineering, 2005, 31(5):559-578.
7. China Geological Survey.DZ/T 0239-2004. Debris Flow Disaster Prevention and Control of Engineering Design Specifications[S].
8. WANG Xiuli, ZHENG Guzu. Study on impact resistance of new support with spring and its application in the debris flow dam [J]. Chinese Journal of Safety Science, 2013, 02:3-9.
9. Zhang P, Zhou D Y. Research on analytical precision of guard bars impact simulation based on ANSYS/LS-DYNA [J].Journal of Vibration and Shock, 2008, 27(4):147-152.

RESEARCH OF THE REINFORCEMENT DESIGN FOR HIGH INSTABILITY SLOPE

[1,2]Zhu Yan-peng, [1,2]Li Jing-bang, [3]Long Zhao

[1]Key Laboratory of Disaster Prevention and Mitigation in Civil Engineering of Gansu Province, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, China
[2]Western Engineering Research Center of Disaster Mitigation in Civil Engineering of Ministry of Education, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, China
[3] Gansu Research Institute of Building Services Engineering Survey and Design, Lanzhou, China

During the engineering construction of residential areas for debris flow post-disaster reconstruction project in Zhouqu, there were six times slumping in the East High Slope near Chunchang South Road, and it is a serious threat to the safety of the community residents. Aimed at the problems of the stability for high slope, this paper studies on the reinforcement design. The slope formation mainly include surface layer of gravel soil and silurian phyllite metamorphic rock of quaternary slope sediments. In order to measure the geotechnical parameters accurately and to ensure the accuracy and reliability of the slope reinforcement design, selecting two typical areas for large shear experiments. The permanent reinforcement design of slope is consist of two parts: the support form in north and south strengthening area is pre-stressed anchor cable and lattice beam; the support form in middle reinforcement area is short anchor and wire netting sprayed concrete. Finally, a remote automatic slope monitoring system based on the high slope was established in this paper. In order to grasp the stability conditions in the operational phase of the slope, using all kinds of sensor and GPS displacement monitoring equipment for real-time monitoring displacement and internal force after reinforcement of the slope.

Key words: high slope? Stability, large-sized shear test, Reinforcement design, Health monitoring.

Introduction

Slope reinforcement design is an effective method of the slope instability. Slope reinforcement methods mainly include: grade elimination and unloading, pressing foot of slope, slope protection, anti-slide pile, anchor rod (cable), drainage, retaining wall and comprehensive strengthening method [1,2]. In recent years, the pres-tress anchor cable has been widely used in reinforcement project. The technology is a kind of flexible supporting form on the basis of the application of anchor technology [3].The pre-stress advanced on the anchor cable can increase the pressure between the rock and soil mass, thus increasing anti-slide performance of the potential sliding surface. Pre-stress anchor cable lattice beam as a new type of integrated strengthening technique in the last 10 years has been widely used in slope engineering [4]. This slope reinforcement engineering is to strengthen the East High Slope in Zhouqu Chunchang South Road by the form of pre-stress anchor cable lattice beam.

Project summary

The slope is located in the east of Chunchang South Road, which is a new road in the old town of Zhouqu county Gansu province after the 8•8 debris flow disaster. According to the field reconnaissance results and the measured topographic map, the length of slope needed to strengthen is about 344.5 m, and the protective height is between 9.0~48.5 m. The slope ratio is between 45°~70°. The litho-logy in the north slope and east side of upper surface of the south slope is the mixed soil, containing mainly silt clay and a small amount of gravel. The litho-logy of internal slope is strong weathering phyllite. The design and construction of slope strengthen project can not consider influence of groundwater. Slope field 1is shown in fig.1 and fig.2.

There is a family behind the top of south slope, and there are also a few families on the platform behind half the slope. The Chunchang South Road is along the slope foot. From north to south, the site is corresponding of the new built bus station, Zhouqu bacon processing plant and

newly built residential neighborhoods in return. There is a road for small and medium vehicle on the top of the south slope, which leads to the waste plant of old town. Since September 2011, the slope happened six large-scale slumps, four in the north area and two in the south area. Every slump produced the serious threat to the safety of nearby residents, and seriously affected the normal construction of the Chunchang South Road. Therefore, the reinforcement for the slope has important practical significance to the safety of the local people's production and life.

Figure 1. The north side slope site.

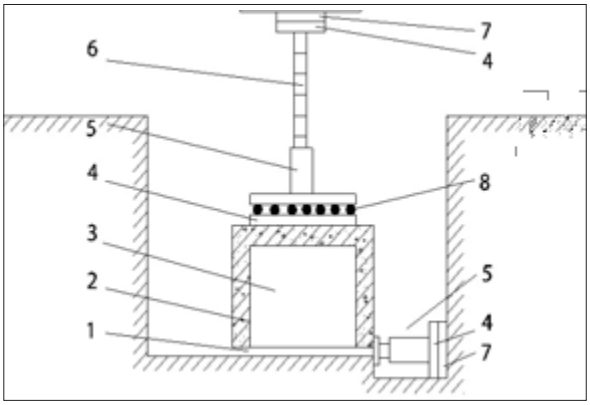
Figure 2. The south side slope site.

Geotechnical parameters

The selection of rock mass shear strength index has important influence on slope stability analysis and control in slope reinforcement. Experimental study is the commonly used method and direct method to determine the rock shear strength parameters [5]. In the project site, it selects two typical areas for big shear experiments to ascertain the shear strength parameters of the rock slope.

1. Scheme of large-sized shear test

In order to accurately obtain the shear strength parameters in the different geological conditions, having two large shear tests on the top of south slope and the foot of north slope. Flat sphere pair stacking is used in the test. Test equipment is shown in fig.3. The specimen size is 60cm×60cm×35cm。There is a 10cm thick reinforced concrete protection screen on the specimen surface. And there is a rolling exhaust between in the two pieces of steel plate on the top of specimen to reduce the friction from the specimen and steel plate.



1 - Shear joint 2 - Reinforced concrete protection screen 3 - specimen 4- steel backing plate
5 - jack 6 -steel column 7 -sandbad 8-Rolling exhaust
Figure 3. The equipment of shear test.

2. Test load

The test uses YS150-10C separate hydraulic jack and SBS7 hydraulic jack. In loading process, the normal stress is applied by the large mechanical as reacting equipment, and the shear stress is provided by pit wall as reacting equipment. Field test instrument layout and loading are shown in fig.4.

According to the weathering degree of the specimens and the rock mass integrity ,the normal pressure of first group for phyllite specimens respectively are 52 kpa, 104 kpa, 156 kpa, 208 kpa, 260 kpa, 312 kpa, and the normal pressure p of second group for gravel soil respectively are 43 kpa 87 kpa, 130 kpa, 173 kpa, 217 kpa, 260 kpa.

The loading direction of normal load is located in the center of specimen and vertical predetermine shear plane. The loading direction of shear load is through the specimen center and parallel to the predetermine shear plane. The loading accord with "Specification for field direct shear test of rock and soil mass(HG/T 20693-2006)"[6] strictly. The specimen will be regarded as shear failure when it achieves the peak of shear stress or shear deformation is more than 1/10 of the specimen length, and then the test is over.

a) Test instrument layout

b) Test load

Figure 4. Layout of test experiment and chart of load.

3. Results of the test

According to Mohr-coulomb criteria, through the analysis of test data, it is get the shear strength indexes (c, φ) of two group tests by the graphic method. The specimen size of large shear test is larger, so it can ensure the integrity of the rock mass and retain the part of large size coarse gravel soil, it is also weaken° the size effect. It can objectively reflect the shear strength characteristics of slope. The results are shown in table 1.

Table 1.
The results of shear tests.

Test number	*Lithology*	*Peak strength of resistance snipping*		*Peak strength of resistance shear*	
		φ/°	c/MPa	φ/°	c/MPa
The first group	Phyllite	37.6	0.11	34.6	0.1
The second group	Gravellysoil	20.8	0.09		

Slope reinforcement design

1. Scheme of slope reinforcement

According to the "Technical code for building slope engineering (GB50330-2002)" [7], the security level of slope reinforcement design is one, and the use period is 50 years. According to the field reconnaissance results, the slope is divided into seven administrative regions marked ABCDEFGH. They are two serious slump period of ABC area in north and FGH area in south. The length is respectively 82m and 75m, and the height is respectively 48.5 m and 39 m. The length of CDEF area is total 198.5 m, and the height are between 15 m and 26.5 m. According to the field condition of slope, the reinforcement design scheme is as follows: the surface of ABC area and FGH area are played pre-stressed anchor cable and set lattice beam after cleaning, and then hanging the steel net and jetting the concrete; the surface of CDEF area are played bolt, and then hanging the steel net and jetting the concrete. Scheme of slope reinforcement is shown in fig.6:

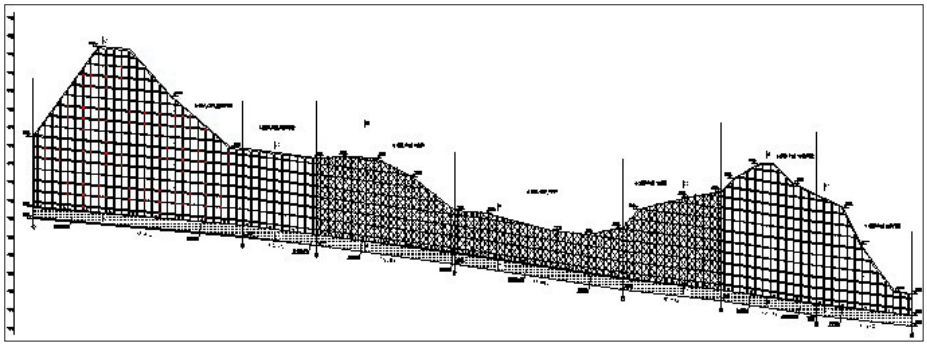


Figure 6. Scheme of slope reinforcement.

2. Calculation parameters

How to value the soil physical and mechanical parameters is the key factor in the slope design. The physical parameters c and φ of the design are selected by the shear test. According to the situation reveal formation of slope, the lithology of strengthening slope is mainly rock mass. Through the result of the large shear test and the «Editorial board of Engineering geology Handbook»[8], the physical and mechanical parameters of slope body are shown in table 2.

Table 2.
Calculation parameters.

Indicators	*Severe (kN/m³)*	*Saturated severe (kN/m³)*	*Elastic modulus (kN/m²)*	*Internal friction angle (°)*	*Cohesion (kPa)*	*Poisson ratio*
Phyllite	24	28	2.2×107	34.6	100	0.16

3. Design of slope reinforcement

3.1. Calculation of slope stability

The design adopts slice method. Selecting seven typical section of the slope to analyze the

stability by the leading geotechnical engineering calculation and analysis software version 6.0. The safety coefficient is not less than 1.20 considering the earthquake action. After the calculation, the safety coefficients are all meet the requirement, and shown in the table 3.

Table 3.
The slope profile stability safety coefficient.

Profile	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5	6-6	7-7
Stability coefficient	1.34	1.20	1.21	1.20	1.20	1.38	1.20

3.2. Design of pre-stressed anchor cable lattice beam

The strengthening height of ABC area is 48.5 m, for the largest governance height; the slope toe of FGH area is 68.7°, for the maximum toe. These two areas are serious slump area, so the support form is pre-stressed anchor cable lattice beam. Taking the 6-6 profile of FG area as an example.

In the design, pre-stressed anchor cable chooses four φ15.2mm steel strand(1×7 standard), and the spacing is 3m×3m, and the design angle is 20°. The diameter of drilling is 130mm. The design length of anchor cable are respectively 17m, 16m, 14m by the different site, and the length of anchoring section is 8m. The value of design rope pulling force is 350kN, and locking value is 230 kN. The intensity of injecting cement paste is not less than 30 Mpa. The intensity of lattice beam concrete is C25, and the spacing is 3m×3m. The longitudinal reinforcement of lattice beam uses sixφ22mm HRB335 rebar, and four sides by soil, and two back side of soil. Stirrup is φ8mm HPB300 round steel, spacing of 200mm. The intensity of shotcrete between the grids is C20, thickness of 60 mm. Design results are shown in fig.7 and fig.8:

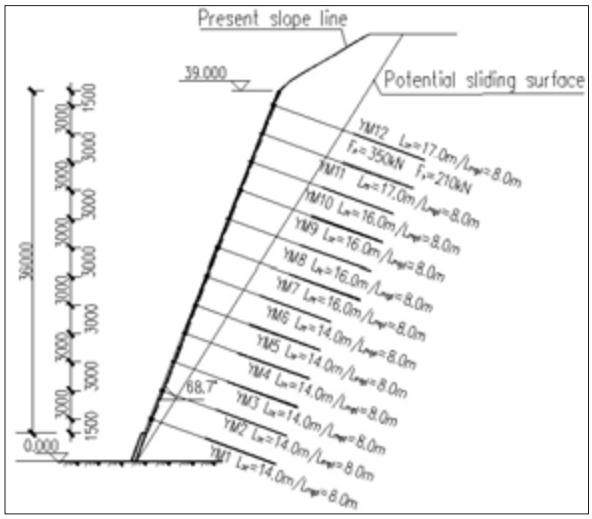


Figure 7. 6-6 section elevation of FG area.

Figure 8. The plane of concrete lattice beam.

3.3. Design of anchor screening

The proposed governance height of CDEF area is between 15 m and 26.5 m, and this area is not serious slump area. So, the support form concludes: playing the bolt, hanging steel mesh and jetting concrete. Taking the 5-5 profile of FG area as an example.

The bolt use φ25mm of HRB335 rebar and the spacing is 3m×3m. The design length of bolt is respectively 6m, 8m, 2m by the different site, and the design angle is 20°. The diameter of drilling is 130mm, and the intensity of injecting cement paste is not less than 30 Mpa. Steel mesh adopts two-wayφ6mm of HPB300 round steel, and the spacing is 250mm×250mm. The lap length of each side is not less than 300 mm, and the middle steel mesh is welded with bolt strongly. Skeleton reinforced adopts 2φ14mm of HPB300 round bar. The intensity of shotcrete between the grids is C20, thickness of 60 mm. Design results are shown in fig.9 and fig.10:

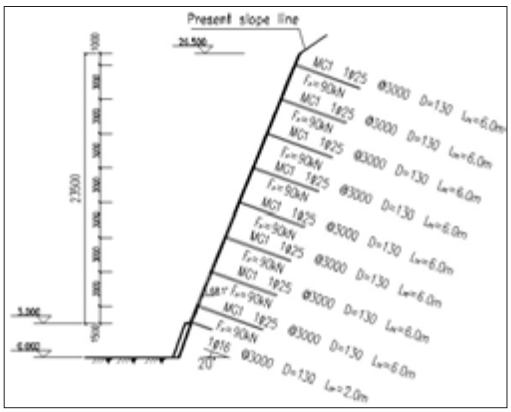


Figure 9. 5-5 section elevation of EF area.

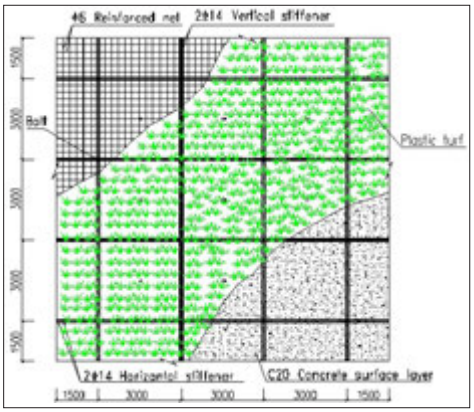


Figure 10. The plane of steel mesh.

Slope health monitoring

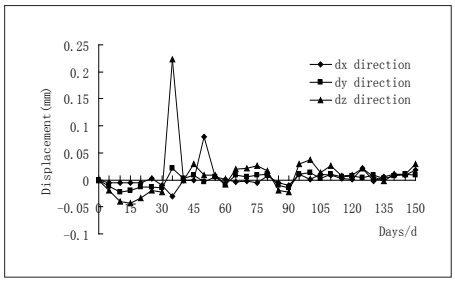
In order to ensure the slope stability in the reinforcement phase and operation phase, designing a set of a comprehensive three-dimensional automatic slope monitoring system for the slope reinforcement engineering. The system can monitor the displacement and internal force of the real-time in the operational phase.

1. Monitoring scheme

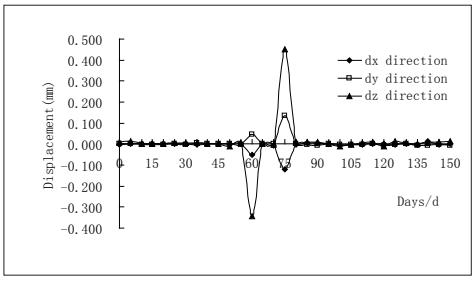
The monitoring mainly adopts a series of displacement sensor and GPS displacement station. Based on the principles of monitoring design, combined with the slope reinforcement scheme, the monitoring instruments are buried in key positions for sliding surface of the north AB area and south FG. The content of experiment is as follows: surface deformation and deep deformation monitoring of the slope, stress of supporting structure, the displacement of supporting structure and stress pore water pressure. The instrument of the monitoring are GPS, reinforcement stress meter, concrete strain gauge, anchor dynamometer, single point displacement meter, pore water pressure meter, fixed side angle probe.

2. Monitoring results

After the construction of reinforcement engineering, the monitoring system begins to work. Due to the limitation of paper length, this article gives a part of monitoring data (fig.11- fig.13):



a) AB area



b) FG area

Figure 11. GPS displacement curve

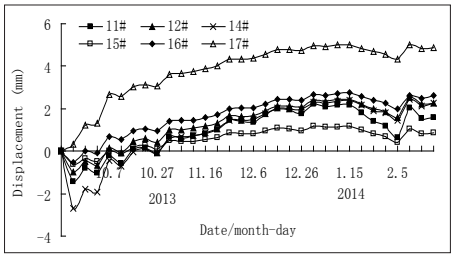


Figure 12. Fluctuation curve of cumulative displacement of shope.

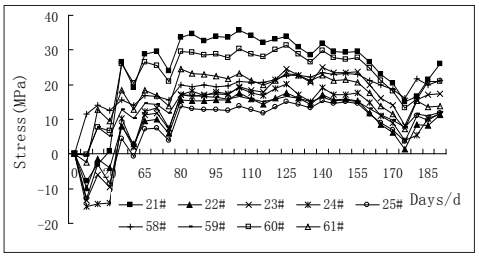


Figure 13. Fluctuation curve of stress of steel bar meter.

From GPS displacement monitoring curves: the displacement change volatility of X, Y, Z three directions is larger, but the deformation is very small;The cumulative displacement variation of two GPS station is all not more than 0.1 mm. From the slope displacement monitoring curves,the displacement change of each point are about the same regular. In the early monitoring period, the displacement of each point has a obvious change, and presents a mutation phenomenon. The following two months,each measuring point displacement shows a trend of slow growth and displacement of each point changes basically stable. The cumulative displacement variation of 11# ~17# are: 1.58mm, 2.25 mm, 2.25 mm and 0.86 mm, 2.61 mm and 4.88 mm. Acording to the stress and strain sensor monitoring curve, the maximum tensile stress is less than 64 Mpa, far less than the design of the lattice beam bearing steel yield strength 335 Mpa, and it belongs to the normal elastic working range of steel.

Above all, the monitoring data of displacement and internal force changes in the operational phase of the slope is very small.It not only shows that the slope stability is good after reinforcement, but also shows that the safe and reliable of the slope reinforcement design.

Conclusion

This paper talk about the high slope reinforcement issues on the basis of the project for East High Slope in Zhouqu Chunchang South Road. Obtaining the more accurate physical and mechanical parameters of soil by the large shear test. During the construction process, establishing a set of health monitoring system for slope. Through the reinforcement design and monitoring result analysis, there are three points as follows:

(1) The soil parameters by the large shear test is more accurate, and better to guide the design.

(2) Using prestressed anchor cable lattice beam supporting form can be effective govern high slope instability,and ensure the safety and stability of high slope in the operational phase.

(3) After the slope reinforcement, the health monitoring system has been working normally, and it can real-time monitor the condition of slope stability.

Acknowledgement
This work was financially supported by the National Science and Technology Support Program (2011BAK12B07).

References

1. Yuke Sun, Zhifa Yang, Enbao Ding, et al. Researches on Slope Stability of Strip Mines in China[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1999.342-352.(in Chinese)
2. Zhifa Yang, Tianhe Ke, Changmin Wang, et al. Theory and practice on monitoring design for excavation of shiplock slope at left bank of Wuqiangxi hydroectric power station[J]. Journal of Engineering Geology, 1995, 3(2):1-11. (in Chinese)
3. Wangjie Zhu, Huaze Zhuang, Jianwei Li, et al. Research of reinforcement technology for large slope[J]. Journal of Engineering Geology, 2008,16(3):365-370. (in Chinese)
4. Gendy. A. S. Effective modeling of beams with shear deformations on elastic founfation[J]. Structural Engineering and Mechan ics, 1999, 8(6):607-622.
5. Yongsheng Duan, Li Wang, Yinliang Wu. Study of the current situation and preliminary discussion on the parameters obtaining value method for engineering rock mass shear strength[J]. Journal of highway and transportation research and development (Technology Edition), 2010, 10:155-158,161. (in Chinese)
6. HG/T 20693—2006 Specification for field direct shear test of rock and soil mass[S].Beijing: China Planning Press, 2007.(in Chinese)
7. GB 50330-2002 Technical code for building slope engineering[S]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2002.(in Chinese)
8. Editorial board of Engineering geology Handbook. Engineering geology Handbook[M]. Beijing: China Architecture Industry Press, 2007. (in Chinese)

Раздел VII

Особенности природопользования в связи с селевой опасностью

Part VII

Land use, environmental management and debris flows

ТЕХНОГЕННЫЕ СЕЛИ В КРАСНОЙ ПОЛЯНЕ

Казаков Н.А.

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,
Сахалинский филиал, Южно-Сахалинск, Россия*

Селевые процессы в бассейне р. Мзымты (Красная Поляна) отличаются высокой интенсивностью: повторяемость селей объёмом до 50 тыс. м^3 - 1 раз в 3-5 лет, максимальные объёмы селей превышают 1 млн. м^3. Складирование отвалов строительных грунтов в селевых бассейнах, в руслах и долинах водотоков в 2010 – 2013 г.г. неоднократно приводило к формированию техногенных селей, завалам автомобильных дорог, разрушению гидротехнических и противоселевых сооружений и к человеческим жертвам.

Ключевые слова: сель, техногенный сель, Красная Поляна.

TECHNOGENIC DEBRIS-FLOW ON THE TERRITORY OF KRASNAYA POLYANA

Kazakov N.A.

Far East Geological institute FEB RAS, Sakhalin department, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Debris flows in the basin of the Mzymta River (Krasnaya Polyana) high intensity: frequency of occurrence of debris flows up to 50 000 m^3 is 1 every 3-5 years. The maximum volume of debris flow can exceed 1 000000 m^3. Storage dumps construction soils in debris-flow basins, in riverbeds and valleys of streams in 2010 - 2013, has repeatedly led to the formation of anthropogenic debris flows, blockages of roads, destruction of hydraulic and to human victims.

Key words: debris-flows, debris-flow process, Krasnaya Polyana.

Введение

Селевые процессы в бассейне р. Мзымты отличаются высокой интенсивностью: повторяемость селей объёмом до 50 тыс. м^3 составляет 1 раз в 3-5 лет, а максимальные объёмы селевых выносов могут превышать 1 млн. м^3 (Казаков и др., 2013).

Основные факторы селевых процессов в исследуемом районе, обусловливающие большую частоту формирования, большую дальность выброса и значительные объёмы селей – большое количество атмосферных осадков, большие уклоны селевых бассейнов и геологическое строение территории: молодые горные породы, слабосцементированные, легко размываемые и размокаемые юрские глинистые сланцы и аргиллиты в сочетании с интрузивными, вулканогенными и метаморфическими породами, поставляющими в сель крупнообломочный материал.

Освоение территорий с такой интенсивностью проявления селевых процессов требует строгого контроля за строительными работами: с целью недопущения антропогенной активизации селевых процессов.

При организации работ во время строительства объектов Олимпийского комплекса требования противоселевой защиты не соблюдались, что привело не только к активизации селевых процессов, но и к формированию техногенных потенциальных селевых массивов (ПСМ) и техногенных селей (Ефремов, 2012; Казаков и др., 2013): как грязевых, так и грязекаменных.

Факторы селевых процессов в бассейне р. Мзымта

Высокая степень активности селевых процессов в бассейне р. Мзымты обусловлена геологическим и геоморфологическим строением территории и её гидрометеорологическим режимом.

Геологические и геоморфологические факторы селевых процессов. Формированию селей большого объёма способствуют большие объёмы ПСМ, сформированных рыхлообло-

мочным материалом моренного, обвально-осыпного и оползневого генезиса: как в селевых очагах, так и в зоне транзита селей. Породы в ПСМ сильно увлажнены и легко вовлекаются в селевой процесс.

Коренные породы, представлены хорошо разлагающимися глинистыми сланцами и аргиллитами, формируют селевую суспензию, обладающую высокой плотностью и, соответственно, транспортирующей способностью: в её составе отмечается высокое содержание пылеватых частиц и тонкоглинистой фракции с преобладанием гидрофильных минералов (гидрослюды). Их содержание обусловливает такое состояние селевой суспензии, которое может описываться как однофазная система.

Крупнообломочная фракция (представленная, преимущественно, диоритами) насыщает селевые потоки глыбово-валунной составляющей. В составе селеобразующих пород следует, также, выделить селевые отложения разного возраста, выполняющие днища и борта селевых русел во всех селевых бассейнах. Эти отложения представляют собой ПСМ обводнения практически неограниченного объёма. Характеристики пород ПСМ и условия их залегания способствуют активному их вовлечению в селевые процессы в периоды снеготаяния и выпадения сильных дождей.

Наряду с геологическим строением территории и её гидрометеорологическими характеристиками, интенсивность проявления селевых процессов в значительной степени определяется геоморфологическим строением территории. В орографическом плане территория строительства располагается в области со среднегорным и высокогорным рельефом с перепадом абсолютных отметок от 550 м в днище долины р. Мзымты до 2200-2450 м на хребте Аибга. Максимальная абсолютная отметка – г. Пик II (2450.5 м). Верхняя часть хребта Аибга представлена скалистыми гребнями с карами, карлингами, часто с отвесными склонами. Глубина расчленения рельефа превышает 1900 м.

Крутизна склонов превышает 40°. Склоны осложнены оползневыми цирками, мульдами и оползневыми телами, приуроченными к полям развития делювиальных и делювиально-пролювиальных шлейфов. Микрорельеф оползневых тел характеризуется наличием оползневых террас, часто осложнённых вторичными оползнями. Рельеф территории создаёт исключительно благоприятные условия для развития селевых процессов.

Гидрометеорологические факторы селевых процессов. Наиболее важными среди гидрометеорологических факторов селеобразования являются режим осадков и температур, определяющий как условия вовлечения в селевой процесс горных пород, так и скорость их выветривания, чем определяется скорость формирования ПСМ накопления. Важнейшие метеорологические характеристики, оказывающие определяющее влияние на характер селевых процессов и интенсивность их проявления – количество и интенсивность выпадения атмосферных осадков.

Среднемноголетнее годовое количество осадков, выпадающих на ГМС «Ачишхо» – 3255 мм, на ГМС «Красная Поляна» – 1974 мм, на ГМС «Кордон Лаура» – 2043 мм. Среднемноголетнее количество осадков, выпадающих за тёплый период года (май-октябрь) на ГМС «Красная Поляна» – 824 мм, а на ГМС «Ачишхо» – 1250 мм осадков. Наблюденный суточный максимум жидких осадков на ГМС «Красная Поляна» в 1977 г. – 188 мм, на ГМС «Ачишхо» (1956 г.) – 298 мм. Большое количество и высокая интенсивность осадков обусловливают высокую степень активности селевых процессов.

По нашим оценкам, селеобразующие суммы осадков в бассейне р. Мзымта составляют 50,0-100,0 мм за сутки (в зависимости от степени предшествующего увлажнения пород ПСМ). В периоды снеготаяния селеобразующая сумма осадков может быть менее 20,0 мм.

Антропогенные факторы активизации селевых процессов

Высокая степень активности селевых процессов в бассейне р. Мзымта в целом и на северном макросклоне хр. Аибга требует соблюдения определённых правил во время выполнения строительных работ. Так, складирование отвалов строительных грунтов в селевых бассейнах, а также в руслах и долинах малых водотоков (в том числе, временных) приводит

к формированию (или к увеличению объёмов существующих) ПСМ и, соответственно, к увеличению объёмов и повторяемости селей.

Отвалы строительных грунтов (объёмом несколько десятков тысяч куб. м), перемещённые при возведении объектов на территории Горнолыжного курорта «Роза Хутор», были складированы в верховья малых водотоков и селевых бассейнов, разгружающихся на автомобильную дорогу, ведущую от Сулимовского ручья вверх по долине р. Пслух. В результате были сформированы искусственные ПСМ большого объёма.

Дожди, прошедшие на территории Горного кластера 19-20 августа 2010 г., привели к массовому формированию грязекаменных селей на автомобильную дорогу в долине р. Пслух (Рис. 1- 3).

Твёрдую составляющую селей составили строительные грунты. Селевые потоки вышли на полотно автомобильной дороги. Толщина завалов дорожного полотна превышала 2 м.

Объём селей достигал 5000 м3, максимальная высота селевой волны (высший селевой горизонт) – 4,5 м. Скорость селей, рассчитанная по величине скоростного напора (Руководство…, 1990) достигала 8,8 м/с.

Рисунок 1, 2. Отложения техногенного грязекаменного селя 19-20.08.2010 г. на автомобильной дороге в долине р. Пслух. 19-20.08.2010 г. Фото Казакова Н.А.
Figure 1, 2. Deposits of the technogenic debris flow on the road in the valley of the Psluh River. 19-20.08.2010, Photo N.A. Kazakov.

Рисунок 3. Зона транзита техногенного грязекаменного селя в долине р. Пслух. 19-20.08.2010 г. Фото Казакова Н.А.
Figure 3. The transit zone of technogenic debris flow in the valley of the Psluh River. 19-20.08.2010, Photo N.A. Kazakov.

В сентябре и октябре 2010 г. сход техногенных селей вновь привёл к завалам автомобильной дороги.

Во второй декаде апреля 2012 г. техногенные сели прошли по руслам руч. Кольценко и руч. Роза (на этом же участке), перекрыв автомобильную дорогу. В одном из селей погиб человек.

20 июля 2014 г. 6 грязекаменных селей сошли на автомобильную дорогу между руч. Салымовским и р. Пслух.

К формированию селей привело большое количество осадков (34 мм за 8 часов), однако главной причиной вновь послужили отвалы строительных грунтов, перемещённых с территории Горнолыжного курорта Роза Хутор в верховья селеносных ручьёв. Селями была завалена автомобильная дорога, противоселевые сооружения на дороге и гидротехнические сооружения.

Один из селей повредил противоселевые сети, установленные в нижней части зоны транзита селей на руч. Сулимовский. Установка таких сетей в зонах транзита грязекаменных селей является примером неправильного решения по защите от селей: при сходе грязекаменного селя объёмом более 5000 м^3 такая сеть не выдерживает давления селя, а задержка селя с последующим его прорывом приводит к увеличению скорости и давления селя и высоты селевой волны на участках ниже сети: сеть не защищает объекты, а увеличивает разрушительное действие селя.

Бесконтрольное устройство отвалов строительных грунтов в селевых бассейнах отмечается практически на всей территории Горнолыжных курортов в Красной Поляне, следствием чего стало повсеместное увеличение активности селевых процессов и увеличение степени их воздействия на территорию и объекты.

Заключение

1. С 2010 г. в долинах р.р. Мзымта и Пслух активно формируются техногенные грязевые и грязекаменные сели, вызванные, главным образом, бесконтрольной строительной деятельностью.

2. Поскольку строительство Горнолыжных курортов неизбежно приводит к вырубке лесов, изменению рельефа и перемещению больших объёмов горных пород, степень селевой опасности после строительства курортов сильно возрастает. По этой причине строительные работы обязательно должны сопровождаться организацией мониторинга селевых процессов, включающих наблюдения за динамикой селевых процессов и контроль за строительными работами в селевых бассейнах.

Литература

1. Ефремов Ю.В. Антропогенные селевые потоки в бассейне реки Мзымта // Труды международного семинара к 10-летию катастрофы на леднике Колка. 20 сентября 2002 г. «Опасные природные процессы в горах: уроки Кармадонской катастрофы». Владикавказ: Изд-во Иристон, 2012. С. 15-168.

2. Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В., Казакова Е.Н., Морозов Г.Л. Селевые процессы в бассейне р. Мзымта (Красная Поляна) и их влияние на территорию строительства объектов Олимпийского комплекса. Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. №6, 2013. С. 516–529.

3. Руководство селестоковым станциям и гидрографическим партиям. М.: Московское отделение Гидрометеоиздата, 1990 - 198 с.

ОПАСНЫЕ ЭКЗОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В БАССЕЙНЕ ЧЕРЕКА БАЛКАРСКОГО В 2009-13 ГОДАХ

[1]Караваев В.А., [2]Воскова А.В.

[1]Институт географии РАН, Москва, Россия
[2]Научно-исследовательский и проектный институт Генерального плана г. Москвы, Москва, Россия

Проведён анализ зависимости активности экзогенных процессов от метеорологических условий за последние 5 лет в бассейне р. Черека Балкарского. Выявлена зависимость не только от предшествующих осадков и температуры воздуха, но и от других факторов, в том числе антропогенных.

Ключевые слова: опасные экзогенные процессы, горные ландшафты, восстановление.

DANGEROUS EXOGENIC PROCCESES IN CHEREK BALKARSKY BASIN IN 2009-13

[1]Karavaev V.A., [2]Voskova A.V.

[1]Institute of Geography RAS, Moscow, Russia
[2]Scientific and project institute of General plan of Moscow, Moscow, Russia

Authors analyze influence of meteorological aspects on activity of dangerous exogenic processes in Cherek Balkarsky basin for last 5 years. Authors reveal dependence of this processes not only from previous precipitation and temperature of air but from another factors too, including anthropogenic.

Key words: dangerous exogenic processes, mountain landscapes, recovery.

В конце XX века рост количества осадков и таяние ледников в горах Северного Кавказа привели к увеличению речного стока, интенсификации образования подпрудных озер и накоплению большого количества обломочного материала, который может быть вовлечен в экзогенные процессы. Такие условия благоприятны для развития опасных экзогенных (геоморфологических) процессов и формирования наводнений в предгорных районах [1]. Очевидно, что в этих условиях выявление изменений горных ланадшафтов имеет важное значение для выработки технологий адаптации жизни людей к трансформации абиотических компонентов природной среды.

Территория исследования. С 2009 г. с целью изучения специфики активизации экзогенных процессов проводились исследования в верховьях Черека Балкарского, выше села Верхняя Балкария, и бассейнах его истоков – Карасу и Дыхсу (рис. 1).

В формировании, дифференциации и динамике горных ландшафтов на локальном уровне ведущая роль принадлежит местным азональным факторам, среди которых ведущими являются геологические и геоморфологические особенности элементарных геосистем: крутизна и экспозиция склонов, литологический состав поверхностных отложений, степень дренированности или затопленности, наличие верховодки и др.

В результате формируются особые типы геосистем, обязанные своим происхождением экзогенным процессам – селевые, лавинные. обвально-осыпные и т.д. Они отличаются от соседствующих, нетронутых этими процессами по всем природным компонентам, по связям между ними и по динамике. Поэтому очень важным представляется выявление участков, подверженных опасным процессам и мониторинг их изменений.

Специфика проявления опасных экзогенных процессов определяется, главным образом, состоянием горного оледенения и метеорологической ситуацией, в меньшей степени – местными проявлениями тектоники.

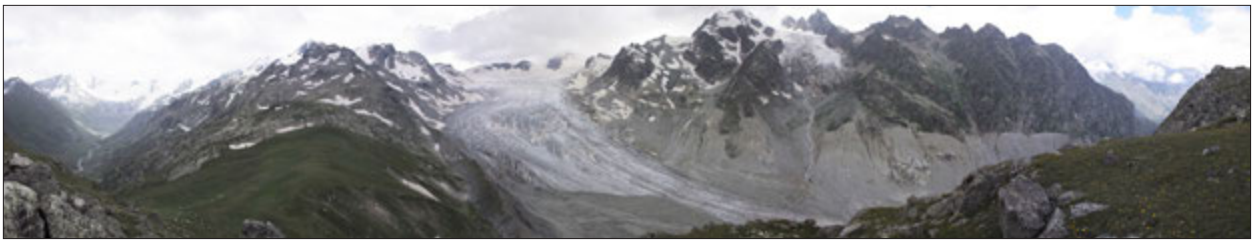


Рисунок 1. Панорама территории исследования (фото С.А. Буланова, 2013 г.).

Рассмотрим особенности проявления различных опасных экзогенных процессов на исследуемой территории в 2009-13 гг.

Снежные лавины проявляются на территории 29,2 км² (19,4% изученной территории). Выявляются 2 области их сосредоточения.

Первая приурочена к области питания ледников в гребневых зонах основных хребтов с абсолютными высотами более 3.300 м. В этой области лавины проявляются на всех участках, свободных от фирна и льда. Её особенностью является преобладание лавинной денудации над аккумуляцией. Захваченный лавинами обломочный материал переносится на ледники, переносящие его вниз, в область абляции.

Вторая область отличается большей дискретностью и связана с деятельностью селей, занимая с ними одни и те же селево-лавинные лотки. Лавины переносят по ним материал в холодные времена года, сели – в тёплые. Отличить перенесённый лавинами материал порой бывает очень трудно. Одним из косвенных признаков лавинного переноса является наличие каменных пирамидок, когда более мелкие обломки громоздятся на более крупные.

Наиболее обильные снегопады в рассматриваемый период были в марте 2008 г., когда выпало 143,8 мм осадков, в марте 2009 г. – 160,7 мм и в январе 2010 г. – 165, 7 мм. Это, естественно, сказалось на активности снежных лавин. В 2013 г. в области питания лавин и в лотках летом лежал снег вследствие низких летних температур. В предшествующие годы подобного не наблюдалось.

Сели распространены на исследуемой территории повсеместно, что характерно для горных ландшафтов. Селевая активность проявлялась в разных местах на протяжении последних 5 лет наблюдений ежегодно – практически на каждом водотоке или русле можно было заметить следы микроселей. Однако крупных, заметных сходов за пятилетие было выявлено всего 4.

Река Тютюн-Су, сход селя по которой произошёл в 2009 г., является левым притоком р. Черека Балкарского и расположена в 4,9 км от места слияния рек Карасу и Дыхсу. Селевой бассейн Тютюн-Су обширен, сходы здесь бывают давно, регулярно и не отличаются катастрофичностью. Сход 2009 г., видимо, в значительной степени был обусловлен большим снегонакоплением в марте того года. В августе 2009 г. были выявлены 6 секторов с разновозрастными отложениями. Самые молодые относились к 3-м последним годам, на них произрастали в лучшем случае отдельные экземпляры и группы пионерных растений. Самые старые имели возраст более 100 лет под сосновым и сосново-берёзовым лесом или лугово-кустарниковой растительностью [3].

Сель дождевого происхождения сошёл в конце июля 2012 г. по р. Тары-Ташлы когда в результате река выработала новое русло. Этот участок расположен в низкогорье, чуть выше села Верхняя Балкария. Видимо, он был вызван критическим накоплением обломочного материала – в предшествующие несколько лет сходов эта селевая геосистема «не работала». На накоплении материала могли сказаться частые переходы температуры воздуха через ноль в марте-апреле того года.

В том же 2012 г. визуально был обследован крупный сход селя также дождевого генезиса по правому притоку р. Дыхсу. О его мощности можно судить по высотам селевых

гряд и размерам обломочного материала. В результате схода и сноса крупного материала в Дыхсу, её русло было частично перегорожено.

В 2013 г., летний сезон которого отличался необычно обильными осадками, по руслам примерно каждого второго малого и среднего водотоков прошли селевые волны, в разной степени большие, нежели в предыдущие годы. В результате в среднем течении образовались прирусловые валы высотой в несколько метров, а в нижнем вынесенный материал занял существенно большие площади, чем ранее. Подобное положение сложилось на р. Ортозюрек – очень старом селево-лавинном комплексе, который проявил среднюю активность в 2013 г.

В результате селей 2013 г., сошедших по средним водотокам была сведена древесно-кустарниковая растительность, засыпаны пастбища, разрушены дороги и сельскохозяйственная инфраструктура. Кроме того, произошли многочисленные сходы на малых водотоках, которые не были активны много лет. Суммарная площадь, занятая селевыми отложениями, составила более 1 км². Однако в некоторых руслах селевая активность упала или не проявилась совсем. Вероятно, необходимый для сходов селей объём материала был израсходован в прошлые годы.

Оползни. Небольшие оползни развиты на исследуемой территории повсеместно вследствие боковой эрозии русел главных рек и преимущественно глубинной более мелких водотоков. Поскольку их истоки чаще всего располагаются у ледников, то оползневые тела формируются на участках размыва моренных отложений. Площадь, занятая оползнями, составляет около 0,1 м², что менее 0,1 % всей территории исследования. Вместе с тем, на этой территории существуют два крупных давних оползня.

Первый находится в среднем течении р. Карасу, на левом её берегу Его динамику можно отслеживать по реперным островкам с деревьями, сползающими в реку. За 5 лет наблюдений этот оползень особенно активизировался в 2013 г.

Второй крупный оползень расположен на правом берегу р. Черека Балкарского, ниже места слияния Карасу и Дыхсу. Он имеет антропогенное происхождение и связан с устройством «полки» на склоне старого обломочного шлейфа. Регулярно, особенно после обильных осадков, он засыпает дорогу.

Обвалы и осыпи развиты практически повсеместно на крутых склонах, где они не закреплены растительностью. Можно отметить и места сосредоточения обвально-осыпных процессов, например, в среднем течении р. Лькези [4]. Помимо этого, обширные зоны их развития расположены по бортам трогов в периферийных частях языков активно отступающих крупных ледников. По мере их деградации обнажается материал, вовлекаемый в эти процессы. Площадь территории, подверженной обвально-осыпным процессам, составляет 15,7 км² - 10,4 % исследуемой территории. Интенсивность обвалов и осыпей, судя по фотовизуальному обследованию, в 2012 и 2013 гг. была ниже, чем в 2009-11 гг., особенно в высокогорье. Это объясняется более низкими летними и осенними температурами воздуха в последние 2 года.

Русловые процессы отозвались большой активностью на обильные осадки лета 2013 г. особенно в долинах рек Дыхсу, Карасу и, в меньшей степени, Ахсу. На аномально высокую (до 6-8 м в сужениях долин) волну половодья наложился дождевой паводок. Этому сопутствовал вынос валунно-галечникового материала не только на пойму, но и на нижние участки близлежащих склонов. В итоге были уничтожены старые биогеоценозы на площади примерно 1 км² (0,6:% исследуемой территории) и смыты многие мосты, существовавшие десятки лет.

Теромокарст. Таяние мёртвого льда площадью в несколько гектар около окончаний ледников, часто засыпанного моренным материалом, провоцирует провалы и обрушения, по генезису сходные с термокарстом. Наиболее активно за последние 5 лет он проявлялся в 2010-11 гг., когда летние температуры были выше обычных. В результате площадь нивальных

ландшафтов сокращается и высвобождается обломочный материал, который может быть вовлечён в другие процессы.

Заболачивание. Интенсивно заболоченные участки на рассматриваемой территории занимают площадь в 20 га (0,1%). Наиболее обширные расположены в долине Карасу, в понижениях древнего ледникового рельефа, и представляют собою несколько сопряжённых друг с другом ванн. Площади водных зеркал в них уменьшаются, а непосредственно болотных массивов – возрастают. За 5 лет наблюдений изменений в этой тенденции обнаружено не было.

Частота и сила экзогенных процессов существенно зависят от свойств растительного покрова и его пространственного распределения. Растительный покров занимает не более четверти общей площади рассматриваемой территории, а лесные сообщества - не более 5%. Наибольшую часть совокупной площади лесных сообществ занимает березовое криволесье с рододендроном кавказским и субальпийские березняки с разреженным подлеском из азалии, приуроченные в основном к склонам северных экспозиций, на которых наряду с криволесьем распространены мезофитные луга. Сосновый лес и сосновое редколесье встречаются преимущественно по склонам южной экспозиции.

Набольшую площадь занимают полидоминантные высокотравные луга, которые спускаются в лесной пояс на участках сведенной в результате выпаса древесно-кустарниковой растительности. Значительная часть склонов южных экспозиций занята лугами с преобладанием овсяницы пестрой, которые легко поддаются эрозии.

К средним частям склонов северных и восточных экспозиций приурочены заросли рододендрона кавказского. Под зарослями рододендрона формируется особая почвообразующая порода – рододендроновый торф, который благодаря высокой гигроскопичности быстро поглощает сток с вышележащих участков и, таким образом, препятствует развитию эрозии, поверхностных оползней и осыпей.

Выводы

1. За последние 5 лет с точки зрения метеорологической ситуации 2010 г. и 2011 г. отличались летними температурами, несколько превышающими средние значения для этого времени года. 2012 г. и, особенно, 2013 г. характеризовались обильными осадками, а 2013 г. – ещё и пониженным летним температурным фоном. Наиболее сильные снегопады были в марте 2009 г. и в марте 2010 г.

2. Особенности проявления экстремальных экзогенных процессов за последние 5 лет проявились в следующем:

1) наиболее лавиноопасными были март 2009 г. и март 2010 г.;

2) на исследуемой территории было выявлено 4 крупных селевых и селево-лавинных геосистемы – Тютюн-Су, Тары-Ташлы, Ортозюрек и геосистема по правому притоку р. Дыхсу в среднем её течении. Сходы по Тары-Ташлы и притоку Дыхсу случились в 2012 г. Ортозюрек проявил среднюю активность в 2013 г. Тютюн-Су была активна в 2009 г.;

3) крупный оползень в среднем течении р. Карасу, на левом её берегу был особенно активен в 2013 г. Второй крупный оползень – антропогенного происхождения - расположен на правом берегу р. Черека Балкарского, ниже места слияния Карасу и Дыхсу, активен практически ежегодно. Он связан с устройством «полки» на склоне старого обломочного шлейфа для прокладки дороги;

4) частота обвалов и осыпей и количество перенесённого ими материала, судя по фотовизуальному обследованию, в 2012 и 2013 гг. была ниже, чем в 2009-11 гг., особенно в высокогорье. Это объясняется более низкими летними и осенними температурами воздуха в последние 2 года;

5) русловые процессы по крупным рекам активизировались в 2013 г.;

6) таяние мёртвого льда около окончаний ледников было особенно активным в 2010-11 гг. В результате площадь нивальных ландшафтов сокращается и высвобождается обломочный материал, который может быть вовлечён в другие процессы;

7) интенсивность заболачивания за последние 5 лет изменений не претерпела.

Литература

1. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. II. Последствия изменения климата. М., Росгидромет, 2008. С. 276-282.
2. Опасные природные процессы Северного Кавказа. М.: Феория, 2013. 320 с.
3. Караваев В.А., Воскова А.В. Селевые ландшафтно-геоморфологические системы долин Черека Безенгийского и Черека Балкарского // Геоморфологические системы: свойства, иерархия, организованность / Отв. ред. Э.А. Лихачёва. М.: Медиа-ПРЕСС, 2010. С. 35-47.
4. Караваев В.А., Воскова А.В., Истомина Е.А. Опасные геоморфологические процессы в долине реки Лькези // Геориск. 2012. № 4. С. 70-73.

«ПОМПЕИ ВОСТОКА» - Г. ДЖЕРАШ – НАСЛЕДИЕ СЕЙСМОГЕННОЙ СЕЛЕВО-ОПОЛЗНЕВОЙ КАТАСТРОФЫ VIII ВЕКА Н. Э.

[1]Лукашов А.А., [2]Смоктунович Т.Л.

[1]Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия
[2]Московский педагогический государственный университет, Москва, Россия

Античный город Гераса (на севере современной Иордании) был погребен оползневыми и селевыми обломочными массами в 749 г. н.э. Триггерным механизмом катастрофы послужило сильное землетрясение в зоне Левантийского рифта. Катастрофическое развитие событий отчасти предопределено антропогенным фактором: в ближайших окрестностях города были сведены леса, распаханы склоны и вытоптаны скотом пастбища. Практически одновременное с сейсмическим событием выпадение аномального количества циклонических осадков вызвало сход на город и его окрестности оползневых тел. Их трансформация в русле вади Джейраш привела к сейсмогенному паводку, затопившему постройки на низких гипсометрических уровнях. В заполняющих руины рыхлых толщах четко различимы по текстурным признакам как деляпсивные массы, так и отложения селевого паводка.

Ключевые слова: Сейсмогенная селево-оползневая катастрофа.

"POMPEI OF THE EAST" – JAYRASH CITY – THE HERITAGE OF SEISMOGENIC MUDFLOW-LANDSLIDE CATASTROPHE IN VIII CENTURY A.D.

[1]Lukashov A.A., [2]Smoktunovich T.L.

[1]Moscow State University named by M.V. Lomonosov, Geographical Faculty, Moscow, Russia
[2]Moscow Pedagogic State University, Moscow, Russia

The landslide and mudflow debris masses buried the antic city of Gerasa (the Northern part of modern Jordan) in 749 A.D. The catastrophe was triggered by the severe earthquake at the Levantine rift zone. The anthropogenic factor had partially caused the catastrophic development of the incident: at the city outskirts, they cut down woods, ploughed up slopes and the cattle trampled pasture fields down. Almost at the time of seismic event anomaly high amount of cyclonic precipitations caused the landslides to come down and cover the city and its surroundings. Their transformation in the channel of Jayrash wadi led to the seismogenic flood that invaded the buildings placed on the lower hypsometric levels. Due to textural features landslide sediments as well as mudflow masses could be detected in the loose strata filling the ruins.

Key words: Seismogenic mudflow-landslide catastrophe.

Природные катастрофы в населённых местностях, как правило, влекущие за собою гибель и частичные разрушения того, что было создано людьми, иногда, всё же, имеют позитивную коннотацию. Погребая под вулканическими продуктами, оползневыми массами и селевыми толщами древние поселения и города, катастрофы таким жестоким образом сохраняют для человечества целые пласты материальной культуры. Хрестоматийны примеры захоронения под пемзами и лавами Везувия кварталов, храмов и театров Помпей и Геркуланума. Гораздо менее известен (в России) факт погребения под мощным оползнем, сошедшим с правого подмывавшегося рекою борта долины Дуная в ущелье Малый Джердап, мезолитического поселения Лепенски Вир («вир» - сербск. – «водоворот»). Геоморфологическая позиция этого памятника была обследована одним из авторов данного доклада ещё в 1976 году. Уникальная сохранность целого посёлка VI тысячелетия до н.э. позволила правительству Сербии создать одноимённый национальный парк. Археологический объект удалось целиком перенести на 30 м под склон из зоны затопления водохранилищем Железных Ворот. Примеры подобной консервации культурного наследия можно продолжать, хотя

в отношении исторических «жемчужин» они немногочисленны.

К самым интересным, вновь увидевшим свет и частично сохранившимся руинным комплексам, принадлежат «Помпеи Востока» - античный город Гераса – нынешний всемирно известный Джераш (Jerash). Он был обнаружен Ульрихом Зетценом только в 1806 году. Город находится на северо-западе Иордании, в 48 км к северу от Аммана и в 35 км к юго-востоку от г. Аджмун, на правобережье р. Эль-Зарка, несущей (во время паводков) свои воды в Иордан. Джераш - один из самых больших и наиболее сохранившихся вне Италии греко-римских городов, по праву включён в Список Всемирного культурного наследия ЮНЕСКО. Гераса, входившая с I века в состав Декаполиса (Десятиградия) – системы городов к востоку от Иордана, стала жертвой катастрофического землетрясения 749 г. н.э. Следы этой катастрофы отмечаются в широкой полосе по обоим берегам Иордана и на всём протяжении от Иерусалима и до Капернаума. Вместе с Герасой были разрушены самые богатые города Декаполиса, а в Иерусалиме серьёзно пострадала знаменитая мечеть Аль-Акса [1].

Очаг корового землетрясения был генерирован резкой подвижкой по нарушениям Левантийской зоны разломов. К юго-западу от Пальмирского авлакогена – области тектоно-термальной переработки довендского основания – Левантийская зона имеет ССВ направление и представляет собою зону «чистого» левостороннего сдвига, без свойственной другим участкам рифта раздвиговой компоненты. Общая амплитуда сдвиговых перемещений за плиоцен-четвертичное время составила 35-40 км. Как показывают результаты геоморфологических наблюдений сейсмодислокаций и данные изучения подвижек, последние продолжаются до настоящего времени [2]. Непосредственно к Джерашу подходят с юг-юго-запада и здесь «выклиниваются» оперяющие регионального сброса, ограничивающего грабен р. Иордан [3]. Подобная структурная позиция наиболее благоприятна для длительного накопления напряжений в земной коре с последующей резкой сейсмической разрядкой. Землетрясения силой 7-8 баллов и выше вызывают, как известно, срыв грунтовых масс со склонов.

Люди в районе Джераша, в плодородных, щедро (для этих краёв) орошаемых дождями долинах, обрамлённых лесистыми холмами – отрогами гор Галаада, живут непрерывно на протяжении 6500 лет - с неолита. В 63 г. до Р.Х. Гераса была завоевана Гнеем Помпеем. В 129 г. нашей эры Герасу посетил император Адриан, устанавливавший восточную границу римских владений. В честь торжественного события была сооружена триумфальная арка (Hadrianus Arch) к югу от Южных ворот, возле ипподрома. От этих ворот в северном направлении протянулась на 800 м Cardo Maximus – Улица Колоннад – главная архитектурная ось города. Как считается, эти и многие другие античные сооружения в 749 году были спасены от окончательного разрушения селем, накрывшим город многометровым слоем песка и глины. Однако, судя по геолого-геоморфологическим данным, события развивались сложнее. Характер рельефа Джераша, и его окрестностей, как и облик рыхлых отложений, захоронивших античные сооружения (рис. 1), позволяют предполагать, что в разрушении города и консервации его руин принимали участие, как минимум, два процесса. Во-первых, - это сход сейсмооползневых масс со склонов правого борта долины вади Джераш. Во-вторых, - погребение топографически пониженных частей города отложениями типичных для Юго-западной Азии селевых паводков.

Общая геоморфологическая обстановка района Джераша определяется его морфоструктурной позицией. Весь запад Иордании представляет собою систему шарнирно перекошенных в западном направлении глыб-противоподнятий Левантийской рифтовой системы. Для Трансиорданской возвышенной страны характерен ярусный морфологический ландшафт. Особенности рельефа верхней части ската плоскогорья в сторону грабена Мёртвого моря и долины Иордана к северо-западу от Аммана – у городов Джераша, Ирбида и Ум Кайса заключаются в неоднократном пересечении макросклона эрозионными долинами Эль-Зарки, Ярмука и др. В верхнем ярусе преобладает низкогорный умеренно расчленённый рельеф, относительные высоты и контрасты которого возрастают на бортах главных

долин. В пределах вогнутых ограничений столовых возвышенностей наблюдаются сочетания крутых склонов, которые опираются на полого наклонные педименты шириною до сотен метров. Их поверхности, как правило, дробно расчленены ветвящимися неглубокими, но крутосклонными вади; наиболее протяжённые из них начинаются протяжёнными склоновыми лощинами. В широкие долины ранней генерации со стороны базиса эрозии – реки Иордана – проник молодой донный врез [4]. Подобный рельеф благоприятен для быстрой концентрации поверхностного стока при выпадении фронтальных ливневых осадков, приносимых в холодную половину года атлантическими циклонами. А как раз, именно здесь в полной мере распространена «зелёная полоса» повышенного увлажнения, для Иордании в целом – уникальная.

Рисунок 1. Частично раскопанный из-под оползневых и селевых отложений античный город Гераса (Джераш) в пределах пририфтового плечевого поднятия восточного горного обрамления долины Иордана. Фото А.А. Лукашова.

По всей видимости, прохождение мощного циклона над северо-западом Иордании на сутки-другие опередило катастрофическое сейсмическое событие 749 года. Атмосферными осадками были напитаны влагой склоновые массы, почти не защищённые почвенно-растительным чехлом, в особенности - над Герасой, жители которой свели ксероморфные леса в окрестностях города. И по прошествии почти 1300 лет с момента его погребения на склонах в окрестностях Джераша почвенно-растительный чехол фрагментарен, и на поверхности – сплошная или кружевная каменная отмостка в виде сближенных или сомкнутых известняковых глыб. В момент землетрясения пришли в движение сейсмооползни, похоронившие бóльшую часть города – шириною до 400 м – под несортированной грубообломочно-мелкозёмистой толщей мощностью в несколько метров (рис. 2).

Рисунок 2. Обломочно-мелкозёмистая масса сейсмооползневого характера, покрывавшая – до начала раскопок – бóльшую часть площади античной Герасы. Фото А.А. Лукашова.

Поверхность рыхлых накоплений в основании правого борта вади Джераш не имеет облика селевой террасы, но представляет собою характерное хаотическое нагромождение оползневых тел (рис. 3).

Рисунок 3. Перекрытое сейсмоопозневыми массами основание правого борта вади Джераш над полурасчищенными археологами античными руинами. Фото А.А. Лукашова.

Лишь в завершающую фазу катастрофы по днищу вади пошли волны селевого паводка. Активизация селевой деятельности имела место благодаря сочетанию резких тектонических движений, аномального атмосферного воздействия и антропогенного прессинга на ландшафт. Вероятно, селевой паводок отличался большой – до 7-9 часов – продолжительностью, как это отмечается для сходных (во многих отношениях) с бассейном вади Джераш водосборов хребтов Средней Азии – Копетдага (где были сведены арчовые леса) и Кураминского. Сейсмогенные селевые потоки обычно зарождаются при трансформации в русле водотока обвалов, оползней, сползающих масс грунта [5].

В гравелисто-песчано-алевритистых отложениях селевого паводка, заполнивших интерьеры античных построек на низких топографических уровнях Герасы, чётко выражена горизонтальная и субпараллельно-линзовая слоистость. Мощность отдельных литологически контрастирующих горизонтов укладываются в немногие сантиметры, при мощности толщи в первые метры. Некоторые прослои насыщены плохо окатанной галькой и щебнем местных известняков. Характерна слабо выраженная ориентировка длинных осей обломков – при явном отсутствии признаков черепитчатой упаковки, присущей чисто флювиальным наносам (рис 4).

Рисунок 4. Результат заполнения интерьеров античных построек Герасы отложениями селевого паводка с характерной текстурой. Фото А.А. Лукашова.

Таким образом, селевый поток, «запечатавший» своими наносами придолинную часть Герасы, можно отнести к природно-антропогенным селям. Сведение лесов, перевыпас, распашка склонов не могли не привести к усилению неравномерности жидкого стока, возрастанию стока взвешенных и влекомых наносов и к усилению эрозии. Собственно землетрясение 749 года явилось, по-видимому, триггерным механизмом в развитии как оползневого, так и селевого процесса.

Литература

1. П. Густерин. Джераш – Помпеи Востока // Азия и Африка сегодня. – 2006. № 10 (591).
2. Е.Е. Милановский. Рифтогенез в истории Земли. Рифтогенез в подвижных поясах. Л., «Недра», 1987. С. 297.
3. Международная тектоническая карта Европы и смежных территорий. М-б 1:2 500 000. Под ред. А.А. Богданова и В.Е. Хаина. 1981.
4. Г.Ф. Уфимцев. Байкальская тетрадь. М. «Научный мир». 2009. С. 238.
5. В.Ф. Перов. Селеведение. МГУ. 2012. С. 272.

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ XXI ВЕКА В БАССЕЙНЕ Р. ТЕБЕРДА (ЗАПАДНЫЙ КАВКАЗ) И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЛАНДШАФТЫ

Петрушина М.Н., Бударина О.И.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия

На основе полевых исследований, анализа разновременного дистанционного материала, повторных наблюдений на модельных участках выявлены особенности активности селевых потоков в бассейне р. Теберда в текущем столетии и их влияние на ландшафты. Установлено, что наибольшая частота схода селей небольших объемов, в том числе по новым руслам типична для среднегорных лесных ландшафтов, находящихся под влиянием антропогенной деятельности. В зону воздействия этих селей стали чаще попадать жилые объекты и транспортные коммуникации. В высокогорье отмечен сход редких, но более крупных селей, после прохождения по тем же руслам снежных лавин в холодный период. После схода селя наблюдается быстрое зарастание свежих отложений.

Ключевые слова: селевые потоки, селевая активность, Западный Кавказ, ландшафтные сукцессии.

DEBRIS FLOWS OF THE XXI CENTUARY IN THE TEBERDA RIVER BASIN (WESTERN CAUCASUS) AND THEIR IMPACT ON LANDSCAPES

Petrushina M.N., Budarina O.I.

Moscow State University named by M.V. Lomonosov, Geographical Faculty, Moscow, Russia

Activity of debris flows of this century and landscape dynamics under their impact in Teberda valley (West Caucasus) have been revealed on the basis of real-time and long-term observations, interpretation of remote sensing data and phytoindication. Maximum frequency of debris flows of small value as well as a new one is typical for middle mountains with forest landscapes under the intensive human impact. It was found that several debris flows were initiated by snow avalanche releases in the places where they were not observed for 60 years or even never recorded. Rapid landscape succession on new debris deposits has been observed.

Key words: debris flows, activity of debris flows, Western Caucasus, landscape succession.

По условиям формирования и характеристикам селепроявления большая часть бассейна р. Теберда относится к району с низкой селеопасностью за исключением высокогорной территории, которая входит в район со средней селеопасностью (Волобуева, Заруднев, Лурье, 2003). В бассейне преобладают грязекаменные и наносоводные потоки дождевого и реже ледниково-дождевого генезиса объемом преимущественно 10-100 тыс.м^3. Несмотря на небольшие в целом объемы выносимого материала селевые потоки наносят большой ущерб хозяйству, изменяют ландшафты и их компоненты. Актуальность изучения распространения селей и их активности в бассейне р. Теберда в последние годы возрастает в связи с усилением антропогенного воздействия на ландшафты на фоне изменяющихся климатических условий.

Целью проведенных нами исследований было выявление селевой активности и динамики ландшафтов в зонах схода селей в бассейне р. Теберда, особенно с начала XXI века. Основными методами изучения стали полевые маршрутные описания, ландшафтное картографирование, анализ разновременных космических снимков TERRA (ASTER), World View-1, LANDSAT, фитоиндикация, повторные наблюдения на модельных участках за ландшафтными сукцессиями.

На основе работ составлена карта селевой активности М: 1 : 50000 на бассейн р. Теберды выше г. Карачевска с выделением селевых бассейнов, генезиса селевых потоков, частоты их схода и объема выносимого материала.

В ходе исследований было выявлено, что в верхней части бассейна р. Теберда с начала века наблюдается ослабление селевой активности по сравнению с предыдущими периодами. Здесь отмечен сход небольших склоновых селей, зоной формирования которых были преимущественно скальные комплексы горно-лугового пояса. Интенсивные процессы выветривания как результат активного и продолжительного инсоляционного воздействия, высокое увлажнение способствовали сходу селей объемом 3-10 тыс. м^3 в 2002 и 2003 гг. по правобережью рр. Аманауз, р. Птыш, Агбек, Гоначхир. Относительно крупный грязекаменный селевый поток объемом более 20 тыс. м^3 сошел в 2004 г. по правобережью р. Гоначхир после многоснежной зимы по лавинному лотку, в котором он не наблюдался более 60 лет. Сель перекрыл дорогу на расстояние до 70 м. Мощность его отложений достигала 2-2,3 м. Сель уничтожил березово-сосновый лес на конусе, возраст отдельных сосен в краевой части которого, достигал 90-105 лет. После схода селя началось быстрое зарастание конуса отдельными видами растений, затем травянистой растительностью, всходами березы и ивы. В настоящее время на молодых селевых отложениях сформировалось ивово-березовое мелколесье высотой до 4,5-5 м с редким подростом сосны, разреженным травостоем и пятнами зеленых мхов, под которыми появились первые признаки почвообразования (Петрушина, Суслова, 2008) (рис. 1).

Рисунок 1. Ивово-березовое мелколесье на селевых отложений 2004 г. в долине р. Гоначхир.

Схожий по генезису сель сошел в июне 2008 г. по правобережью р. Теберды в районе Чомалкоша, расположенного в 2 км выше г. Теберды. Селевый поток наблюдался здесь также после схода зимой крупной лавины по тому же руслу. Особенность зоны транзита селя – наличие высокого скального уступа при выходе на селево-лавинный конус выноса, в верхней части которого отложилась значительная часть наносов (рис. 2). На рисунке хорошо прослеживаются селевые гряды высотой до 3,5 м, нагромождение крупных глыб размером до 1,8 м в центральной части, выше которого стоит сотрудник Тебердинского биосферного заповедника Л. Г. Татаринова, проводившая в течение многих лет мониторинг селей на территории заповедника. Ниже по конусу селевый поток шел преимущественно по фиксированному руслу и имел ширину до 4 –6 м. В нижней части он перекрыл дорогу Теберда – Домбай. Сель уничтожил участки высокотравных лугов, сформированных в верхней части конуса и перекрыл травяной ярус лесных комплексов на остальной части конуса, уничтожив небольшую часть деревьев и кустарников.

Рисунок 2. Отложения селя 2008 г. в верхней части конуса ниже скального уступа в урочище Чомалкош.

Реальную и потенциальную опасность в верхней части бассейна представляют также наносоводные потоки р. Аманауз в районе пос. Домбай, в зону влияния которых попадают новые коттеджи, построенные на террасе и в пойме реки. Долинные ландшафты здесь чрезвычайно динамичны.

Противоположная тенденция усиления схода селей, в том числе по новым руслам, отмечена для средней части бассейна ниже г. Теберда. Несколько селей небольших объемов (от 1 до 10 тыс. м^3) сошли между Верхней Тебердой и Карачаевском в 2002, 2003, 2005, 2010 гг., перекрыв федеральную трассу Карачаевск-Теберда. Очаги формирования селей расположены в среднегорном лесном поясе в местах, находящихся под влиянием антропогенной деятельности, – активной вырубки древостоя, его трелевки. Селевые очаги здесь ранее не были зафиксированы (Хворостов, 1987), не отмечены они и на более поздней схеме (Заруднев, Салпагаров, Хома, 2007). Вероятно, сход селей здесь будет продолжаться, т.к. в зону их формирования и транзита попали толщи древних склоновых отложений (Бударина, Петрушина, 2005). В движение были также вовлечены отложения шахтных отвалов. В зону воздействия этих селей стали чаще попадать жилые объекты и транспортные коммуникации, что нередко связано с расширением границ населенных пунктов за счет активной застройки окраин.

Усиление эрозии склонов и появление новых врезов (глубиной до 2,5 м и более) отмечается в последние годы у северной окраины г. Теберда вследствие несовершенства и нарушения эксплуатации ирригационного канала, протягивающегося в нижней части лесного склона, сложенного рыхлыми отложениями смешанного генезиса, подстилаемыми глинистыми сланцами. В период ливней канал становится очагом формирования небольших селей. В июне 2013 г. после ливня изменения склоновых и долинных лесных геосистем наблюдались на площади в 2,3 га. Вероятность усиления эрозии вследствие нарушения устойчивости склоновых отложений здесь сохраняется.

Исследование межгодовой динамики на селевых конусах показало, что наибольшие изменения типичны для конусов, подвергшихся внешнему воздействию, например, снежных лавин или человека. Динамика растительности и почв на конусах со стабильной литогенной основой в основном незначительна, и в первую очередь связана с характером сукцессий, например, уменьшение видового разнообразия и проективного покрытия с увеличением кустарников и подроста и деревьев и т. д. Первые стадии ландшафтных сукцессий в исследуемом бассейне идут очень быстро (Петрушина, Суслова, 2008).

Рисунок 3. Эрозионный врез, образовавшийся после прорыва вод ирригационного канала в г. Теберда в июне 2013 г.

Рисунок 4. Селевые отложения 2013 г. в районе северной окраины г. Теберда.

Литература

1. Бударина О.И., Петрушина М.Н. Современный селевой режим бассейна р. Теберда (Западный Кавказ). Тезисы Всероссийской конференции по селям. Нальчик, 2005. С. 141–145.
2. Волобуева Л.Л., Заруднев В.М., Лурье П.М. Условия формирования селевых потоков, селеопасные районы Северного Кавказа // Труды Всероссийской конференции по селям. Нальчик: ВГИ, 2003. С. 90–98.
3. Заруднев В.М., Салпагаров А.Д., Хома И.И. Лавинно-селевая опасность бассейнов рек Теберда, Большой Зеленчук, Мзымта и защита от снежных лавин и селей горнолыжных комплексов Домбай, Архыз, Красная Поляна. Труды ТГЗ, вып. 46. Кисловодск: Северо-Кавказское изд-во «МИЛ». 2007. 287 с. 4. Петрушина М.Н., Суслова Е.Г. Динамика ландшафтов в зонах воздействия селевых потоков на Северном Кавказе // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды Международной конференции. Пятигорск: ин-т «Севкавгипроводхоз», 2008. С. 177–180.
5. Хворостов В.В. Селевые процессы в верховьях рек Кубани и Кумы. // Гляциология Северного Кавказа. Вып. 2 (20). Ленинград: Гидрометеоиздат, 1987. С. 48–58.

РЕЗУЛЬТАТЫ АЭРОВИЗУАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И МОНИТОРИНГ ОТДАЛЕННЫХ ГЕОУГРОЗ НА ТЕРРИТОРИИ ТАДЖИКИСТАНА

Пирмамадов У.Р.

«Фокус Гуманитарная помощь», Таджикистан

Из опыта работ Международной организации Фокус Гуманитарной Помощи, дочерней организации Сети Фонда Ага-Хана по Развитию - AKDN Таджикистан.

Опыт ранее проведенных работ по изучению отдаленных геологических угроз со стороны организации ФОКУС еще раз подтвердила актуальность данной проблемы и необходимость проведения ежегодного аэровизуального наблюдения, мониторинг и дальнейшего изучения состояния ледниковых и прорываопасных озер с целью оповещения и прогноза катастрофы локального и регионального характера в Таджикистане.

Ключевые слова: отдаленные природные угрозы и изменение климата.

AERIAL MONITORING OF REMOTE GEO-HAZARDS IN TAJIKISTAN AREA

Pirmamadov U.R.

«Focus Humanitarian Assistance», Tajikistan

Experiences gained from International Organization, Focus Humanitarian Assistant, an affiliate of Aga Khan Development Network – AKDN Tajikitan.

Early studies on remote geo-hazards conducted by FOCUS, once more has reaffirmed the urgency of the existing problem and the need for annual airborne surbey and further study of the state of glaciers and glacial lakes. The assessment aims to aware and to forecast the disaster at the local and regional level in Tajikistan.

Key words: remote geo-hazards and climate change.

Введение

В период с 6-го по 14-го июля 2013 года, геологами организации ФОКУС совместно с специалистами Главного Геологического Управления, Агентство по Гидрометеорологии и Комитета по ЧС и ГО Таджикистана в рамке проекта «Отдаленные гео-угрозы, фаза – 2», были проведены визуальные и аэровизуальные наблюдения и мониторинг за очагами возможного образования гляциальных селей в крупных и малых водных бассейнах долины Зарафшан, по долинам р.р. Оксу и Муксу (Джиргиталского района Центрального Таджикистана) и долинам р.р. Пяндж, Гунд, Шохдара, Бартанг и Вандж – ГБАО (Рис. 1).

Рисунок 1. Карта зоны, охваченной проектом.

Цель аэровизуальных наблюдений и мониторинга отдаленных угроз - получение оперативной информации о состоянии высокогорных прорывоопасных озер и других отдаленных угроз данного региона в рамках «Проекта повышения способности и мониторинг отдаленных гео-угроз, фаза – 2», при финансовой поддержке от Швейцарского офиса по развитию и сотрудничеству (SDC), Департамента по международному развитию Великобритании (DFID) и Германской Агроакции – Welthungerhilfe.

Аэровизуальным наблюдениям предшествовал подготовительный период, в процессе которого был разработан маршрут облёта и составлен рабочий лист наблюдений.

Была подготовлена серия космоснимков ключевых участков с увеличением масштаба, обеспечившего полноту и точность распознавания угроз (ледников, озер, селевых угроз, оползневых перекрытий и т.д.), проведено предварительное дешифрование, предварительно выделены и охарактеризованы зоны реализации возможных прорывных потоков.

Ожидаемыми результатами проведённой работы является: улучшение умения понимания ситуации местности с борта вертолета, разработка правил ведения мониторинга и аэровизуальных наблюдений, получение и улучшение навыков дешифрирования в период камеральной обработки, сопоставление полученных фотоснимков с борта вертолёта с имеющимися данными на космоснимках Google и полевых наземных наблюдениях.

Некоторые результаты аэровизуальных обследований и мониторинг высокогорных прорывоопасных озер:

1. По Джргитальскому району

Озера на леднике Иштансалди - На снимке 2003 года наблюдается 4 больших и 8 мелких озер, отмечается лед на поверхности озер.

26.07-2013г. количество озер возросло, отмечается отступление ледниковых, фирновых и глетчерных полей, уровень воды в озерах находится на минимальных отметках.

Серьёзных изменений в водосборной части гляциальных озер, в зоне фильтрации, в состоянии плотин не отмечается. Подъёма уровня воды в озерах так же не отмечен.

По территории ГБАО.

Согласно отчёта Ж. Шнайдера в 2003 году и материалам Таджикглавгеологии в 1966 и 1986-1991 гг., ледники и озера определяют наиболее опасные территории в связи с возможным образованием прорывных селевых потоков, исходящих из бассейнов следующих правосторонних притоков реки Пяндж: Нижгар, Дриж, Зугванд и Киштиджароб. Наблюдается массовое таяние мелких ледников на этих территориях.

По долине р. Пяндж в Ишкашимском р-не рассматривались только верховья долины Гармчашма (верховья Кофарендара), где имеются прорывоопасные озера. Существуют всего 3 озера в верховьях Кофарендара и на момент обследования ситуация оставалась стабильной. Отмечено: а) наполнение водой – опорожнённого в 2008 году ледникового озера; б) намечается отступление языковых частей ледников. Вероятность прорыва ледниковых озер в верховьях Кофарендара возможна в результате увеличения объема воды при резком повышении температуры и таянии ледников. Расстояние до первого населенного пункта и санатория Гармчашма составляет около 30 км.

2. По долине р. Шохдара.

2.1 ***оз. Дурумкуль*** расположено в среднем течении р. Дурумдара, которое является правым притоком р. Шохдара.

Озеро образовалось в результате обвала с левого борта долины. В сочетании с древней мореной. Сток из озера поверхностный. Уровень воды в озере находится на максимальной точке.

Русло стока врезано в тело плотины на 80 м. Борта озера неустойчивые. Имеется потенциальная угроза при обваливании скального массива с левого борта оз. Дурумкуль и прорыв озера через ригель – по открытому каналу стока воды из озера.

2.2 ***Хидорджевдара*** левый приток р. Шохдара:

Наблюдаются три озера большой площади на территории под мочажиной.

Водораздельная часть территории разбита и имеет седловидную форму, оползание склона в будущем неизбежно

Ледники и снежный покров на данной территории не отмечаются.

Потенциальная опасность при прорыве озера и схода селевого потока для к-ка ***Хидорджев.***

2.3. ***Сумджевский оползень***

Оползень считается одним из наиболее активных в ГБАО, расположен по левому борту р. Шохдара, ниже средней часты долины р. Шохдара.

Угроза имеется от перекрытия оползневым телом долины р. Шохдара и образование при этом синергетического эффекта от образования завального озера с подтоплением больших территорий и возможным пульсирующим размывом.

В зоне риска находятся населенные пункты, расположенные вблизи русловой части - вниз по течению р. Шохдара и областной центр г. Хорог.

3. По долине р. Гунт – Шугнанский район.

3.1. ***Шазуддара*** **-** отмечается таяние ледников и появление мелких озер, трещины и суффозионные воронки на леднике, оценка прорывоопасных ледниковых озер требует более детального исследования.

3.2. ***Долина Зувордара*** является правым притоком р. Гунд и в верховьях имеет ледниковое озеро Шитам, которое находится на языковой часты ледника, плотина озера ледниковая. Водосборную площадь занимает глетчерное тело. Велика вероятность образования селевых потоков с угрозой для к. Шитам

3.3. ***Озеро Немоскул*** в верховье долины сопровождается двумя мелкими озёрами. На момент мониторинга частично покрыты льдом. Изменения не отмечаются.

Далее вниз по течению р. Гунд обследованы ледники в верховьях Патхурдара, Дузахдара, озера Кулен, Вуждара, Дехмиёна, Вибистдара, Большая Мундара, Малая Мундара, Дебастадара, Горджвиндара и Богевдара. Имеется потенциальная угроза от схождения селевых потоков с угрозой для населенных пунктов, расположенных на селевых конусах вышеназванных долин.

4. Долина р. Бартанг – Рушанский р-н.

Облет проведен по средней части Язгулямских Хребтов – отроги Ледника Федченко, ледник Грум Грджимальский (долина Хабарвивхац – между к. Рухч и Савноб), ледник в верховьях *Язгуломдара,* верховые долина Таныма *следник* над к. Рошорв (имеются три вытянутые пульсирующие ледника над жилой зоной к. Рошорв), которые представляют потенциальную угрозу для населенных пунктов, расположенных на селевых конусах и по бортам селеносныхсаев.

Намечается пульсация ледников по долине основными придатками с северной части долины Хабарвивхац, Яазгулемдара, Бидшарабдара и Башурвдара. С юга долины Бардара, Девлохдара, Равмеддара и Джизевдара.

Долина Хавраздара **-** имеет 3 озера, уровень воды выше средней линии. Отмечается движение массглетчера с левого борта Хавраздара, что имеет потенциальную угрозу для прорыва озер. Сток воды из озера происходит при максимальном уровне через открытый тоннель плотины и фильтруется через тело плотины осенью, зимой и весной. Заметных изменений не отмечается.

В верховые долины р. Танымас наблюдается пульсирующие – ледники по сухим логам Язгулямских хребты. Отмечается таяние языковых частей ледников и появление мелких озер в зоне таяния.

Набдюдается отрыв ледника в верховье Равивдара, таяние с последующим образованием селевых потоков с потенциальной угрозой для к.к. Равив и Сипондж.

В верховье ***Девлохдара*** (к. Басид) наблюдается таяние крупного глетчера и ледника, с образованием многочисленных малых озер на теле ледника, провалов и суффозионных воронок. Имеется потенциальная угроза для к. Басид и населенных пунктов, расположенных вниз по течению р. Бартанг. Сход селевых потоков по Девлохдара возможен в результате пульсации ледника и глетчерных тел в верховьях долины.

Долина ***Вомардара.*** Серьёзную угрозу представляет крупный оторванный глетчер (язык ледника) с левого борта долины Вомардара**,** он угрожает перекрытием долины руч. ***Вомардара*** и последующим образованием селевого потока с потенциальной угрозой для жилой зоны поселка Рушан.

5. По долине реки Ванч

5.1. ***Левый борт долины реки Ванч.***

Верховья руч. Обирог. Ледники в верховьях долины руч. Обирог при резком увеличении температурного режима представляют реальную опасность временного перекрытия долины р. Ванч и схода грязекаменного селевого потока с угрозой для жилой зоны к. Рог.

Долина ручьи Гумаяк. В верховье долины имеет ледник, многочисленные глетчерные тела и мощные моренные отложения, представляющие активные очаги зарождения крупных селевых потоков в будущем.

Ледник Медвежий: является пульсирующим ледником в верховьях р. Абдукагор, одного из главных притоков р. Ванч. В день обследования (25 октября 2013г) языковая часть ледника растаяла на 50%, сток воды р. Абдукагор происходит по гроту (под – ледниковому тоннелю). В теле ледника выше по долине наблюдаются многочисленные трещины. На участке ледопада имеется большой объём расколовшихся кусков льда, что свидетельствует о подвижках верхнего участка ледопада в летний период. На левом фирновом поле наблюдается накопление большого количества снежной массы, также наблюдаются крупные дугообразные и вертикальные трещины. В общем плане происходит деградация ледника.

Ледник им. Российского Географического Общества (РГО): поверхность ледника покрыта слоем грязи, образовавшемся в результате таяния ледника. Отмечается увеличение количество трещин. В результате таяния ледника происходит отступление языковой части ледника РГО от русла р. Ванч.

5.2. ***Правый борт долины реки Ванч.***

Ледник Дараиширговад **-** в день обследования (25/10.2013г), состояние ледника стабильное. В летний период происходило таяние ледниковой массы в долине ручья. В языковой части ледника наблюдается проявление трещин, формирование молодых морен, отступление ледников.

Ледник Дараитехарв: в данном водосборном бассейне происходит таяние ледников, расположенных на высотах до 4000 метров и на горных склонах южной экспозиции.

6. Долина Зарафшан, Согдийской области.

Облет территорий долины Зарафшан был выполнен только по западной часть территории, где наблюдаются основные потенциальные угрозы для данного региона.

Заключение

1. По итогам аэровизуальной оценки территорий Джиргаталя, ГБАО и Зарафшана в июле - октябре 2013 года получено более 5500 фотоснимков, разработано более 100 рабочих листов - анкет по инженерно-геологическим обследованиям отдаленных угроз по которым в программе GeoSetter просмотрены ледники, глетчеры, оползневые угрозы, лавины, озера и плотины озер.

2. Рекомендованы и реализованы структурные и неструктурные мероприятия по снижению риска, дополненные и уточнённые при полевых исследованиях.

3. Реализованы 14 митигационных проектов по защите населения, установлены 8 дистанционных систем раннего оповещения от прорывных селей, 55 опознавательных знаков и 26 наблюдательных водомерных и снегомерных реек, оборудовано 8 складов с непродовольственными запасами на случай ЧС.

4. Составлена отдельная папка по итогам аэровизуального наблюдения в бумажном и в электронном виде и сдана в базу данных группе ГИС организации ФОКУС.

Литература

1. Винниченко С.М., Таран Л.М.и другие, Таджикглавгеология. Инженерно-геологические исследования для обоснования схемы инженерной защиты территорий Таджикистана от оползней, обвалов и селей. Серия отчётов Таджикглавгеологии, Душанбе, 1978- 1991 г.г.
2. Винниченко С.М.,Таджикглавгеология. Организация мониторинга опасных геологических процессов на территории Таджикистана. 1994 г
3. Швейцарско-Таджикская экспедиция. «Отдаленные природные угрозы на Юго-Западном Памире». Отчет. Душанбе. 2003г.
4. Международная организация «Фокус Гуманитарная помощь». «Материалы отчета по проекту удаленные геологические угрозы». 2008-2010гг и 2012 года.

ЧЕЛОВЕЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И УЩЕРБ ОТ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ

[1]Федотов А.П., [1]Хачатрян Д.А., [1]Цыбульский Д.А., [2]Хачатрян В.Д.

[1]ООО «Бюро Технических Изысканий», Краснодар, Россия
[2]Спасательная служба МЧС РА, Ереван, Армения

Из-за неразумной человеческой деятельности или бездействия селевые потоки становятся причиной гибели людей и приносят огромный материальный ущерб. На основе анализа бедственных и трагических селевых потоков в Армении и в Крымске Краснодарского края отмечены причины негативных человеческих действии и пути их устранения.

Ключевые слова: человеческая деятельность, ущерб.

HUMAN ACTIVITY AND DAMAGE FROM DEBRIS FLOWS

[1]Fedotov A.P., [1]Khchatryan D.A., [1]Tcibulskiy D.A., [2]Khachatryan V.D.

[1]BTI-Co, Krasnodar, Russia
[2]Ministry of Emergency Situation of Ra, Yerevan, Armenia

Because of the unreasonable human activity or inactivity debris flows become a cause huge loss of life and material damage. Based on analysis of the disastrous and tragic debris flows in Armenia and in the Krasnodar Territory Krymsk of Russia causes marked adverse human effects and ways to overcome them.

Key words: human activity, damage.

Одной из основных причин возникновения катастрофических селевых потоков в горных и предгорных районах Армении, Кавказа и во всем мире наряду с природными факторами (горный рельеф, геологическое строение и склоновые процессы, климатические катаклизмы, связанные с глобальным потеплением и др.) является человеческий фактор (Азарян С.Н. и др.2005, Хачатрян и др., 2008).

Вырубка лесов, геологоразведочные неконсервированные выработки, неочищенные от твердых стоков барражи, незавершённые селеотводы, освоенные естественные склоны без надлежащих защитных гидротехнических сооружений, построенные на селеотводах постройки, неправильно построенные селеотводы, вынужденная хозяйственная деятельность на склонах гор, предгорьях, обработка разрозненных склонов и др. стали причиной возникновения селевых потоков, ставших причиной затопления значительной части территории Армении (Хачатрян и др., 2008, Бойнагрян и др. 2010). Сильные осадки 16-19 февраля 2014 г. в виде снега при температуре -14 -23^{0}С. (Хачатрян и др., 2008), а затем внезапное аномальное потепление +10 +15^{0}С с фактической температурой +3 +20^{0}С, сопровождающееся обильными дождями и пополнением стока таяния снегов (рис. 1), привело к катастрофическим последствиям в горных и предгорных районах, а затем в равнинных частях Армении. Вследствие чего произошли серьезные эрозионные разрушения берегов и береговых примыканий, снесены многочисленные мосты, затоплены сельхозугодья, повреждены транспортные коммуникации и др. По неполным данным общий ущерб составил 700-800 млн. $ США. К счастью, обошлось без человеческих жертв (отчет Правительства РА. 2004 г.).

В отмеченное время неуспевшая растаять замерзшая хозяйственная масса и навоз на селеотводах в русловых примыканиях запрудили ливневый сток, сыграв роль дамбы. Накопившийся огромный объём воды стал причиной образования селевого потока, выходящего из селеотвода, затопив подвалы и дома. Не успевшие растаять ледяные торосы и глыбы у мостов запрудили ручьи и реки, ставшие причиной их разрушения. В большинстве случаев вода переливалась через мосты и дороги, создавая угрозу автомобильному сообщению и движению транспорта.

Рисунок 1. Фрагменты сильных осадков в виде снега, затопление от внезапной оттепели и график роста дебета р. Раздан за время аномального потепления и паводков.

На рис. 2 приведен космический снимок отводящего канала поселения Цахкаовит, расположенного на склоне г. Арагац на высоте свыше 2100 м. На рисунке хозяйственные постройки и жилые дома, построенные вплотную у канала. В отмеченное выше время канал был забит промерзшим бытовым мусором, навозом, став причиной селевого потока. Построенное в начале канала селерегулирующее сооружение тогда, да и сейчас забито твердым стоком. Данный отводящий канал после распада СССР до 2004 г. был в запущенном состоянии. Функциональная непригодность стала причиной затопления нижележащих сел. Поселок Цахкаовит находится на северном склоне г. Арагац (абс. отметка 4095 м), имеет высокую гипсометрическую отметку (свыше 2100 м). От его территории берет начало второй естественный селеотвод. На равнине русло выравнивается, став причиной разгула водной стихии. Из-за незавершенного селеотвода на восточной окраине райцентра Апаран, пострадали жилые дома февраль-мартовской оттепели 2004 г.

Рисунок 2. Селеотводящий канал поселка Цахкаовите на склоне горы Арагац.

Одной из причин возникновения селевых потоков являются неконсервированные геологоразведочные выработки. На рис. 3 приведены примеры чрезвычайной ситуации, возникшей от селевых потоков в районе золоторудного месторождения Меградзор Котайкского региона Армении. На левом рисунке представлена дамба (барражa), построенная с целью регулирования селевого потока путем оседания твердого стока - смыва продуктов горных выработок. Построенные на русле все селерегулирующие сооружения были забиты твердым стоком. Вовремя очищенные сооружения выполняли бы свою функцию и исключили бы возникновение селевого потока.

Рисунок 3. Один из заполненных барражей твердым стоком, на заднем плане видны аналогичные заполненные сооружения (1). Твердый сток заполнил трубу канала водоотвода и вода с твердым стоком стремится по дороге, затапливая дома и подвальные строения (2). На правом рисунке видна часть чистого канала, а в конце очередная хозяйственная постройка.

Одним из примеров неразумной человеческой деятельности, приводящей к возникновению селевых потоков, приведен на рис. 4. Построенные на селеотводящих каналах хозяйственные постройки стали причиной полного закрытия канала, вследствие чего возникший селевой поток стремился к домам и подвальным помещениям, в первую очередь соседних домов, а затем - вниз по улице. Приведенное фото на рис. 4 справа, канал и ферма находятся тоже в населенном пункте Меградзор. Из всего этого вытекает, что органы самоуправления, другие контролирующие органы не выполняли свои прямые обязанности. Своевременно очистив канал и запретив строительство хозяйственных построек можно было избежать бед от селевых потоков.

Рисунок 4. Селеотводящий канал, заполненный твердым стоком, на заднем плане видны хозяйственные постройки на канале (1). Борьба с водным потоком после прохождения селевого потока (2). Частная ферма, построенная на селеотводящем канале (3).

Значительный ущерб паводки этого года нанесли и столице республики г. Ереван за счет расходов, переполнивших уровень воды в р. Раздан (рис. 1., график справа), особенно зоне отдыха в ущелье Раздан, (Хачатрян, Закарян, Степанян, 2008), территории погранзаставы, смыв береговые примыкания пограничной реки Аракс. Ереван подвергался также селевым паводкам рек Гетар и Джрвеж. В ночь на 25 мая 1946 г. селевой поток этих рек стал причиной гибели 200 человек. Материальный ущерб г. Еревана составил 53 миллиона рублей (Ter-Minasyan, Karamyan, 2011). Углубление и выпрямление русла р. Гетар исключили проблему угроз селевых потоков города до настоящего времени.

Селевые потоки 2004 г., вызванные проливными дождями (за 4-6 дней выпала месячная норма осадков – 55 мм), привели к серьезным нарушениям инфраструктуры других городов РА. Эрозионные разрушения берегов и береговых примыканий снесли десятки мостов, затопили сельхозугодья, повредили транспортные коммуникации и др. (отчет Правительства РА. 2004 г.).

Селевые потоки были и остаются причиной возникновения ЧС, гуманитарных и экологических катастроф не только в Армении. Например, паводки из-за проливных, сильнейших дождей, превратившихся в селевые потоки в Крымском районе Краснодарского края 6-7 июля 2012 г. стали причиной гибели 172 человек, госпитализировано - 187, обратились за медицинской помощью около 1000 человек, пострадали более 34 тысяч. В течение 4 дней было захоронено более 43 тыс. животных. Было остановлено железнодорожное и автомобильное сообщение, разрушены мост и др. Совокупный ущерб составил 20 млрд. рублей (Google.ru. Wikipedia, 1). Трагедия классифицируется как ЧС Федерального масштаба. Причиной трагедии в основном являются проливные дожди: в Геленджике за период с 6 по 7 июля суммарное количество осадков составило 302 мм., в Новороссийске - 274 мм, в Крымске – 221 мм, из них 7 июля к 10 часам выпало в Геленджике - 51 мм, в Новороссийске - 187 мм, в Крымске - 156 мм (Google.ru, Wikipedia, 5).

В этой трагедии, как установили эксперты, наряду с природными, присутствует и

человеческий фактор. Перечислим некоторые из них, выявленные в ходе исследования данной ЧС.

1. Плохая работа местного самоуправления, контролирующих органов власти, МЧС районного, городского масштабов. По заявлению главы МЧС В. Пучкова: не сработала система оповещения, не были проведены комплексные спасательные работы, в организации спасения людей были допущены нарушения. Такие факты отмечают и на страницах социальных сетей (Google.ru, Wikipedia).

2. Малая пропускная способность ж/д моста через р. Адагум перед г. Крымск и водопропускных сооружений в теле насыпей, приведших к сбору значительного объёма воды с дальнейшим прорывом и быстрому перемещению ее в сторону Крымска (Google.ru, Wikipedia, 11, 58).

3. Пролёты мостов на въезде в Крымск и в его центре были забиты карчем и бытовым мусором, что затруднило сток паводковых вод.

4. Застроенность пойм, в том числе и водоохранных зон (Google.ru, Wikipedia, 11, 58).

5. Замусоренность русла реки, сильно заросшего на отдельных участках (Google.ru, Wikipedia, 11, 59).

6. Перенос в 1990 г. Автоколонны-1201 в естественную зону скопления избыточных вод р. Адагум, а также регулирующей дамбы, позволявшей до переноса этих вод заполнять Варнавинское водохранилище, минуя город (Солдатов, Google.ru, Wikipedia, 59).

7. Причинами подтопления территорий могли стать и плохая пропускная способность системы ливневой канализации или их отсутствие (Google.ru, Wikipedia, 41).

8. Не была построена защитная дамба в районе Крымска, на которую были выделены средства в 2002 г. (Google.ru, Wikipedia, 60). В необходимости таких сооружений заявил директор ФГУП «Центр Российского регистра гидротехнических сооружений и государственного водного кадастра» С. Беднарук (Google. ru, Wikipedia, 61).

Заключение

Анализируя причины трагических последствий селевых потоков Армении, горных районов Краснодарского края, отмечается общность неразумной человеческой деятельности. С целью устранения или минимизации риска подверженности территорий и населения, в реализации превентивных мероприятий, необходимо:

- широкая разъяснительная работа среди населения, всеми имеющими средствами,
- привлечение к работе местного самоуправления знающими принципиальными кадрами, повышение исполнительской дисциплины всех уровней исполнительной власти и др.,
- разработка методов прогнозирования возможных катастрофических наводнений, селевых потоков, реализация превентивных мероприятий по заблаговременному предупреждению или минимизации разрушительных последствий,
- создание условий выравнивания процессов стока в пределах всего водного бассейна, включающих:
- комплексные защитные мероприятия в бассейне рек, организация руслорегулирующих мероприятий, особенно сооружений с целью изменения структуры потока,
- организационно-технические мероприятия: прогнозирование, своевременное оповещение, временная эвакуация населения, содержание в постоянной готовности сил и средств по спасению и оказанию медицинской помощи населению, проведение учений по отработке адаптационных навыков поведения среди населения и принятия управленческих решений со стороны руководящего состава в условиях ЧС.

Литература

1. Азарян С.Н., Степанян В.Э., Гюрджян Ю.Г. К вопросу возникновения поводковых новодненый в Армении. Материалы IX международных научных чтеный, Самара, 2005.

2. Бойнагрян В.Р., Степанян В.Э., Хачатрян Д.А., Ядоян Р.Б., Аракелян Д.Г., Гюрджян Ю.Г. Оползни Армении. ОБСЕ-Асогик, Ереван, 2009, 308стр.

3. Наводнение в Крымске Краснодарского края 2012г. Google. ru. Wikipedia, ссылки-1,2, 5,11,41,58,59,60,61.

4. Социально-экономическое состояние РА за январь-март месяцы. Отчет Правительства РА. 2004 г. Ереван (на арм. яз.) 170-171 с.

5. Хачатрян Д.А., Закарян Г.А., Степанян В.,Э. Стихийные бедствия локального проявления глобального потепления в Армении. Сборник тезисов Международной конференции по сокращению стихийных бедствий, связанных с водой, с. 39-40. Душанбе, 2008г.

6. Ter-Minasyan R, Karamyan A. Mudflow Protection of the City of Yerevan. Stimulus for Human Societal Dynamics in the Prevention of Catastrophes. A. Avagyan et al. (Eds.) IOS Press, 2011

МОДЕЛЬ СЦЕНАРИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗОНЫ ЗАТОПЛЕНИЯ ДОЛИНЫ р. ШОХДАРЫ В СЛУЧАЕ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ПРОРЫВА оз. ДУРУМКУЛ И ОПЫТ ПРОВЕДЕННЫХ РАБОТ МЕЖДУНАРОДНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ «ФОКУС» ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА

Шафиев Г.В.

«Фокус Гуманитарная помощь», Таджикистан

В статье кратко рассматривается опыт работы Организации «ФОКУС» в Таджикистане по разработке модели воздействии селевого паводка по долине р. Шохдары от возможного прорыва высокогорного озера Дурумкул согласно разработанной максимальной сценарии риска.

Ключевые слова: плотина, прорывоопасное озеро, селевой очаг, селевой вал, угроза, митигационные проекты, система раннего оповещения, снижение риска.

AN IMPACT MODEL FROM THE POSSIBLE OUTBURST OF THE HIGH ALTITUDE LAKE DURUNKUL ACCORDING TO THE MAXIMAL RISK SCENARIO AND WORK EXPERIENCE OF THE FOCUS HUMANITARIAN ASSISTANCE.

Shafiev G.V.

«Focus Humanitarian Assistance», Tajikistan

I this article briefly described an experience of the FOCUS Humanitarian Assistance in Tajikistan in relation to the development of the hazard risk and impact model from the possible outburst of the high altitude lake Durumkul according to the maximal risk scenario.

Key words: dam, outburst lakes, flood rise location, flood wall, hazards, mitigation projects, early warning system, risks mitigation.

Введение

Прорывы ледниковых озер являются одним из наиболее разрушительных стихийных бедствий в высокогорье.

Их следствием являются селевые потоки и прорывные паводки, распространяющиеся на десятки километров вниз по долинам, уничтожающие инфраструктуру и уносящие человеческие жизни [4].

События отдаленных геологических угроз связанные с прорывом ледниковых озер в высокогорьях Горно-Бадахшанской Автономной Области (ГБАО) неоднократно вызывали катастрофы в течение предыдущих десятилетий. За последний 20 лет примером могут послужить прорыв оз. Хидорджевдара в 1991 году, и трагедия селения Дашт в 2002 года, в результате прорыва ледникового озера образовался катастрофический сель, который накрыл жилую часть селения Дашт и всю его инфраструктуру. Это только лишь несколько исторических примеров, которые возникли за последние десятилетия, хотя возможность возникновения подобных событий в условиях высокогорья Горного Бадахшана в реальном времени неизбежны.

Основной целью проведенных исследований является привлечение внимания специалистов по инженерным изысканиям в строительстве к существующей проблеме, с точки зрения перспектив по снижению риска при защите людей и территории от опасных прорывных селей.

Проведенные работы организации ФОКУС в рамках проекта «Отдаленные геологические угрозы» за 2012-2013 подтверждают актуальность данной проблемы и констатируют

необходимость дальнейшего изучения состояния ледниковых и других опасных озер с целью оповещения и прогноза катастрофы на локальном и региональном уровнях.

При подготовке статьи автором использованы материалы заключительных отчетов: «Отдаленные геологические угрозы в высокогорных регионах Таджикистана» - Таджикско-Австрийской экспедиции, «Удаленные геологические угрозы» (за 2009-20013г) - организации Фокус в Таждикистане, фондовые и изданные материалы Таджикгеологии при правительстве республики Таджикистан.

Так же автор выражает свою благодарность специалистам Московского Государственного университета (географический факультет) Черноморцу С. и Тутубалиной О. за оказанную консультацию по дешифрированию космических и спутниковых снимков методом аэрокосмического зондирования и проведение батиметрической съемки оз. Дурумкул в 2013 г.

Географо-орографические показатели долины р. Шохдары

Главными орографическими элементами долины р. Шохдары являются Шугнаский и Шохдаринский хребты, занимающие правый и левый борт долины. В данном районе преобладают формы резко расчлененного высокогорного рельефа с большими перепадами абсолютных и относительных высот. Превышения гребней хребтов над днищами долин достигают 2000-3500 м. В облике гор господствуют голые скалы и осыпи. Конусы выноса и террасы служат единственными удобными местами для хозяйственной деятельности населения.

Факторами, определяющими инженерно-геологические строение долины, являются структурно-геологические особенности, климатические условия, особенности рельефа и др. Указанные факторы сказываются как на формировании формаций и геолого-генетических комплексов пород, так и на возникновении и интенсивности проявления геологических процессов.

Тектоническая структура зоны характеризуется сочетанием простых и пологих крупных складок и специфических мелких складов волочения, течения, зон бластомилонитов, и катаклазитов. К наиболее распространенным опасным склоновым процессам по долины р. Шохдары следует относить оползни и сели.

Надо подчеркнуть, что при всём многообразии и активности проявления современных геологических процессов оползни по масштабам проявления и характеру угрозы могут считаться самыми опасными и непредсказуемыми процессами. Большинство зафиксированных оползней по бортам долины р. Шохдары относятся к сейсмогенным сложным образованиям.

Селевые явления по долине р. Шохдары проявляются по-разному. Учитывая всё многообразие водно-эрозионных процессов по степени опасности проявления их можно разделить на гляциальные и прорывные паводки и сели. Основной особенностью селевых паводков и водно-каменных селей, за исключением насыщенных грязе-каменных склоновых селей и отдельных прорывных селей гляциального зарождения, является их прорывной характер [9].

По результатам обследований последних лет, прорывы озёр произошли, в основном, из-за изменения климата, то есть интенсивного таяния ледников и сокращения площади фирновых полей и снежников. Это могут быть единичные события в отдельных бассейнах, явления повторяющиеся раз в несколько лет, ежегодно, или даже несколько раз в году.

Самым известным примером прорывного разрушительного селя является селевой поток в селение Хадорджев (1991г.) и в селении Дашт (2002г.) в долине р. Шохдары, уничтоживший кишлак и унесший жизни 24 человека. Анализ событий, показывает, что данные явление могут вызвать крупномасштабные разрушения и образование прорывной волны, которая проходя вниз по течению реки, может затапливать большие территории и приводить к человеческим жертвам. Поэтому на сегодняшний день одной из актуальных задач является расчет и определение параметров прорывной волны, и определение площади затопления,

с целью определения зон первостепенной эвакуации населения из населенных пунктов, расположенных на рассматриваемых территориях.

Кроме того, следует отметить, что в настоящее время отмечается интенсивное освоение под застройку и возделывание сельхоз культур прибрежных зон высокогорных рек, которые подвержены затоплению при прохождении паводковых вод, а также при прорыве вышерасположенных на них высокогорных озер.

Исходя из выше изложенных организацией ФОКУС в рамках проекта (COSE) **«Адаптация и подготовка безопасности в условии изменения климата окружающей среды: координация плана управления риском на уровне селения»** за 2014-2015 годы предусматривается оценка ледников и прорывоопасных озер водосборных бассейнов долин р. Шохдара и Гунд.

В данной статье автором коротко излагается оценка возможного ущерба народнохозяйственным объектам, расположенным по долине р. Шохдары от угрозы затопление в случае катастрофического прорыва высокогорного оз. Дурумкул согласно разработанного сценария риска [10].

Возникшая проблема

Согласно отчета проекта «Отдаленные геологические угрозы в высокогорных регионах Таджикистана» за 2010-2014 годы оз. Дурумкул относится к категории прорывоопасных для долины р. Шохдара. Инженерно геологические условия бассейна оз. Дурумкул сложные, левый борт прилегающего мегасклона поражен разломом субширотного простирания с многочисленными оперяющими разрывами и тектоническими трещинами. Склоны в районе озера скалистые при крутизне 60-850 сложены биотитами, гнейсами, мраморами и мелонитами.

Главным фактором прорывоопасности озера является наличие неустойчивого обвалоопасного склона объемом ориентировочно 0,6 млн. м3 по левому борту. Дальность обвалоопасного участка от участка перелива (прорана) составляет 1600 м.

При обрушении обвало-опасного склона в чашу озера с левого борта произойдет возмущение волны с последующим волновым воздействием, разрушением и размывом перемычки на неустойчивом участке. Свидетельством неустойчивости плотины является следующие факторы:

1. наличие потенциально неустойчивого участка (прорана) шириной до 15м;
2. плотина озера моренного происхождения сложена обломками валунов, полуокатанных глыб, галечников с суглинистым заполнителем, которые вскрываются по бортам сбросного канала (участок перелива).

Основой для оценок возможных социально экономических ущербов являются результат подсчета волны прорыва по долине р. Шохдары от прорывоопасного оз. Дурумкул. С учетом особенности строения изучаемого района по долине р. Шохдара выделены промежуточные секции. Секции выделялись с учетом площади охвата водосборного бассейна в приделе изучаемого района работ, наличие потенциально опасных уязвимых участков с высокой уровни угроз, которые могут вызвать синергетический эффект, учет населенных пунктов, социальных объектов и инфраструктур, которые могут попасть в зону поражения и затопления в случае катастрофического прорыва оз. Дурумкул.

Поставленная задача

Поставленная цель преследовала решение следующих задач [3]:

• Определение параметров прорывной волны, образующейся в результате прорыва естественной плотины данного озера;

• Определение зон затопления в случае прохождения волны прорыва;

• Оценка ущерба зоны затопления долины р. Шохдара в случае катастрофического прорыва оз. Дурумкул;

Основной целью проведенных исследований является - оценка возможного ущерба исходящего от угроз возможного прорыва высокогорного оз. Дурумкул [9].

Модель сценарии затопления долины р. Шохдара в случае катастрофического порыва оз. Дурумкул

При подготовки модели сценария зоны затопления долины р. Шохдара в базовую основу расчета было принято следующие исходные данные:

• Гидрологические параметры озера;
• Наличие потенциально опасного обвала опасного участка объемом до 600000 м3;
• Неустойчивый участок на теле плотины, где вероятность прорана высока;
• Оцифрованная топографическая карта долины р. Шохдары вниз по долине;
• Инженерно геологическое строение бортов долины;
• Уязвимые участки, где вероятность затора с последующим синергетическим эффектом высока.

Для проведения предварительной оценки зон поражения от прорывного селя и выявления опасных зон затоплений прибрежных территорий долины р. Шохдары была использована методика приближенного расчета основных параметров прорывной волны.

В основу расчетов были использованы следующие эмпирические формулы в том числе:

Определение расхода воды при прорыве озера (Costa, 1988).

$$\mathbf{Q=6,3*H^{1.6}}$$

где H –глубина воды у плотины (43 м)

Согласно расчетам при объеме 74,4 млн. м^3 воды в озере максимальный расход воды из озера при катастрофической прорыве составляет 2587 м^3/сек.

При определение потери расхода прорывной вольны на расстояние было использована эмпирическая формула (Costa, 1988).

Узкая долина	Высота волны Потери $\mathbf{(x)=100/10^{0.0021*x}}$
Широкая долина	Высота вольны Потери $\mathbf{(x)=100/10^{0.0052*x}}$

На основании обработки данных, были составлены 3 таблицы и 3 диаграммы, отображающие поведение селевого паводка в долине Шохдара в случае прорыва озер, с использованием информации о характере строения долины, приведенной на оцифрованной топографической карте масштаба 1:50 000 и скорректированной по данным натурных полевых обследований.

По результатам натурных наблюдений, скорость течения воды по р Шохдар в настоящее время составляет 1,5–3,0 м/с или 3,6–6,0 км/ч. В основу расчета скорости прохождения водного потока и определения расхода воды по русле реки положена формула Mannig-Strickler:

$$V=1/n*R^{0.66}*J^{0.5}$$

$$Q = A*v$$

Где - 1/n коэффициент шероховатости; V – средняя скорость прохождения водного потока; R – гидравлический радиус потока; I – уклон русла; Q – расход воды в русле; A – площадь сечения русла; V – скорость течение воды в русле. При определении коэффициента шероховатости было использована таблица Маннинга.

Потенциально опасные участки с вероятностью перекрытия рек и с последующими синергетическими эффектами

Согласно проведенных оценочно полевых работ по долине р. Шохдара установлены 3 потенциально опасных участков, где возможны временные заторы от прорывной вольны, а

также участки, где водный паводок может трансформироваться в селевой поток.

Участок №1 -район селение Сежд. Слияние руч. Дурум и р. Шохдара. Долина V образной формы, узкая при ширине долине 55 м, склоны крутые. Расстояние от оз. Дурумкул до слияния с р. Шохдара 8 км, время добегания волны при начальной скорости 5 м/с составляет 23 минуты. Высота прорывной волны согласно расчетам на данном участке составить 21 метров. Вероятность затора с последующим трансформацией в селевой поток высока, т.к. по долине р. Шохдара наблюдается большое скопление рыхлообломочного материала состоящий из осыпей, моренных отложения и слабосцементированными селевыми конусами выносов. При подходе прорывного паводка с озера объем расхода воды с учетом подмыва накопившего материала по пути транзита увеличивается до 30%. То есть расход селевого потока в районе слияние с р Шохдара предположительно будет составлять: Q = (2434 *30%)= 3164 м^3/сек.

Участок 2- район селение Себзор. Расположено в 69км от оз. Дурумкул. На этом участке долина V образной формы, склоны крутые, сбронированы слабо сцементированными осыпями состоящий из суглинков, супесей с дресвяно-щебнистым заполнителем, которые быстро подаются размыву. Время добегания прорывной вольны от озера до данного участка при скорости 5 м/с согласно расчетам составляет 227 минуты при расходе 1700 м^3/с. Высота прорывной вольны при ширине долины 96 м составляет 11 метров. На этом участке вероятность затора с последующим синергетическим эффектом высока, т.к. долина узкая и по бортам русла реки наблюдается большое скопление крупнообломочного материала

Участок 3- Сумджевкий оползень район селение Андарв.

В зависимости от суммарного расхода водной составляющей за счет прорыва оз. Дурумкул расход воды в районе оползневого тела составить 1634 м^3/с. Дальность озера от Сумджевского оползня составляет 75 км. С учетом размыва оползневого склона вероятность активизации оползневого тела с последующим перекрытии долины увеличивается.

Заключение

Вся площадь долины р. Шохдара предназначенная для моделирования прорывного селя изучена с помощью спутниковых снимков, а также при полевых работах. Обобщение имеющихся данных позволило получить предварительный сценарии риска в случае прорыва оз. Дурумкул.

Результаты моделирование прорывного селя являются необходимыми для следующих целей:

• Определить где и в какой степени опасные процессы возможны в настоящее время, и где требуется незамедлительно принять меры для снижения этих опасностей и рисков;

• Чтобы иметь достоверные сведение, где возможны опасные ситуации в будущем, и где требуется проведение мониторинга и мероприятий по повышению информированности населения.

Тем не менее, остается много пробелов, что объясняется следующими причинами:

• Площадь исследования была обширной, а период доступности коротким;

• Даже в тех местах, где были проведены детальные обследование, все же остались факторы неопределенности, так как не были использованы (геофизические методы, бурение, и т.д.).

Следовательно, результаты моделирования это не более чем грубая оценка того, что в реальности может случиться или не случиться.

Также следует предусмотреть тот факт, что многие гляциальные озера, имеющие свойство меняться в размере и могут постепенно или даже быстро перейти от безопасного состояния в состояния, подверженности к прорыву.

На основании результатов оценки и расчетов, можно констатировать, что в случае про-

рыва оз. Дурумкул существует потенциальная угроза для 39 селения расположенных вдоль русла р. Шохдара, которая требовала бы принятия митигационных мер.

Рекомендуемые меры:

• Содействие информированности и готовности населения;

• Мониторинг опасных ситуаций или случаев, которые могут перерасти в опасные угрозы;

• Технические меры в районе источника опасности, на пути и на площади воздействия;

• Системы оповещения во время чрезвычайных ситуаций;

• Детальные исследования состояния плотин ледниковых озер;

• Проведения ежегодного дистанционного зондирования очагов опасности.

• Ежегодный мониторинг оз. Дурункул в период максимального и минимального уровня воды в озерах.

• Установка системы раннего оповещения при прорыве озера

Литература

1. Виниченко С.М. Снижение степени риска при катастрофических последствиях геологических процессов в горных сейсмоактивных территориях (Сарезкое озеро) Ташкент, 2003. С. 58–60.

2. Коновалов В.Г. Дистанционный мониторинг прорывоопасных озер на Памире // Криосфера Земли. 2009. Т. XIII. Вып. 4. С. 80–89.

3. Методика прогнозирования паводкового наводнения Инженерная обстановка при катастрофическом затоплении от разрушений гидротехнических сооружений. Глава 3. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного характера. 3.3. Прогнозирование процесса движения и трансформации селевого потока. 2013. http://tnu.podelise.ru/docs/index-227262.html?page=3.

4. Природные опасности России. Под ред. А.Л. Рагозина. М.: КРУК, 2003.

5. Справочник по инженерной геологии / Под ред. М.В. Чуринова. М.: Недра, 1974. 408 с.

6. Флейшман С.М. Сели. Л.: Гидрометиздат, 1978. 312 с.

7. Чуринов М.В., Шеко А.И. Методическое руководство по комплексному изучению селей. М.: Недра, 1971. 164 с.

8. Шайдеггер А.Е. Физические аспекты природных катастроф. М.: Недра, 1981. 232 с.

9. Шафиев Г.В. Особенности проявлений селевых процессов и опыт международной организации «Фокус Гуманитарная Помощь» в разработке современных методов защиты от них в условиях Горного Бадахшана (Таджикистан) // Георииск. 2013. № 1. С. 53–59.

10. Шаазизов Ф.Ш. К вопросу разработки системы поддержки принятия решений по предупреждению и выявлению опасных зон затоплений (на примере высокогорных прорывоопасных озер Ташкентской области).

Раздел VIII
Горная гидрометеорология

Part VIII
Mountain hydrometeorology

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛЕВОЙ ГИДРОЛОГИИ

Виноградов Ю.Б.*, *Виноградова Т.А., Пряхина Г.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

В статье рассмотрены методические основы полевой гидрологии. Под «полевой гидрологией» понимаются специальные исследования, организуемые и проводимые в полустационарных и экспедиционных условиях. Представлены основные виды исследований, которые могут выполняться в полевых условиях. Отмечено, что полевые исследования процессов формирования стока на водосборе с дальнейшим использованием полученных данных при моделировании должны включать весь комплекс гидрометеорологических наблюдений, ландшафтные описания, исследование водно-физических свойств почв. Данные методические подходы были апробированы в ходе полевых работ, проводимых факультетом географии в рамках комплексных экспедиций 2010-2013 гг. в Алтае-Саянском регионе.

Ключевые слова: водосбор, полевая гидрология, комплексные исследования, моделирование стока, водно-физические характеристики почво-грунтов.

METHODOLOGICAL ASPECTS OF FILD HYDROLOGY

Vinogradov Y.B.*, *Vinogradova T.A., Priakchina G.V.

Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

The paper is focused on the methodological aspects of field hydrology. "Field hydrology" is defined as special studies that are organized and conducted in semiportable and expeditionary conditions. Main types of the field hydrological studies are discussed. It was shown that field research on runoff formation processes for further use of results in hydrological modelling should include set of hydrometeorological observations, landscape descriptions and studies of physical soil properties. Those methodological approaches were tested in course of the field work conducted by faculty of Geography in the frame of interdisciplinary expeditions in 2010-2013 in Altai and Sayans region.

Key words: catchment, field hydrology, interdisciplinary expeditions, runoff modeling, physical soil properties:

Полевые науки имеют дело с изучением природных процессов в местах их проявлений. Именно поэтому полевая гидрология является той эмпирической основой, на которой строится фундаментальная, а, следовательно, опосредованно и прикладная гидрология. Возникает вопрос, а какой должна быть структура полевой гидрологии и что определяет эту структуру? Ответ однозначен – сама природа и наше умение чувствовать её, ощущать её проявления, научиться понимать её, классифицировать и описывать, в том числе с помощь математических моделей.

С полевой гидрологией мы обычно связываем профессиональную деятельность гидрологов, которая совершается за стенами научно-исследовательских и учебных институтов непосредственно при общении с природой. Целью таких гидрологических исследований является проведение измерений, а также наблюдения и систематизация данных о гидрологических объектах, явлениях и процессах наблюдаемых в природе. Полевая гидрология такого типа является основным источником наших представлений и всей нашей первичной информацией о гидрологическом мире во всех его подробностях. Существуют три источника получения гидрометеорологических данных.

Основной источник – это государственная стационарная сеть стандартных метеорологических и гидрологических станций и постов. Второй источник информации – это малая государственная сеть воднобалансовых (стоковых) и болотных станций, а также так называемых «парных» водосборов (лесных и полевых, расположенных поблизости друг от друга). Принципиально иным источником научной гидрологической информации являются специальные экспедиционные исследования, обычно преследующие одну из двух целей:

• Пронаблюдать в естественных природных условиях за некоторыми тонкостями и оттенками плохо изученных сторон гидрологических процессов, что часто оказывается необходимым для адекватного построения некоторых элементов математических моделей формирования стока или опасных гидрологических явлений.

• Обследовать районы бедствия после прохождения особо крупных катастрофических явлений, что постепенно увеличит полноту наших знаний о последних.

Часто возникает потребность в проведении полевых работ в сугубо утилитарных целях, например:

• Получить полезную или, более того, необходимую информацию о конкретных объектах для обеспечения нужд строительного проектирования, хорошо ознакомиться с особенностями территории, где предстоят большие строительные или иные работы;

• Организовать специфические наблюдения на этих объектах за развитием опасных гидрологических процессов и явлений в целях их прогнозирования и заблаговременности предупреждения;

• Провести специальные наблюдения для получения или уточнения параметров и характеристик используемых моделей.

Полезно обратить внимание на тот факт, что полевая гидрология является не только единственным источником всей необходимой для науки и практики информации, но она также даёт возможность оценить правильность и эффективность методологий, разрабатываемых фундаментальной гидрологией. Таким образом, под «полевой гидрологией» будем понимать специальные исследования, организуемые и проводимые в полустационарных и экспедиционных условиях.

Полевая гидрология является неотъемлемой частью гидрологии, ее естественным началом. Можно высказать следующее принципиально важное утверждение: любой профессионально подготовленный инженер-гидролог хорошо знает, что когда дело касается конкретного проектирования, а затем и строительства объектов, имеющих несомненную прямую связь с гидрологией, ни в коем случае нельзя ограничиваться только использованием разного рода сведений, полученных из опубликованных или иных материалов и документов. Обязательным условием (которое, к сожалению всё же нередко нарушается) является ознакомление с местоположением объекта (или объектов) проектирования и вообще с гидрологическими и другими природными особенностями территории, связанной с его (их) функционированием. Более того, все положенные работы следует начинать с рекогносцировочного, а затем и специализированного обследования окружающей местности. Данное условие становится жизненно важным в случае, если объект проектирования находится в зоне развертывания опасных гидрологических явлений.

При организации полевых исследований важно понимать, что успешность и целесообразность подобных работ заключается в обязательном сочетании теории, наблюдения, эксперимента, моделирования. Это – непрерывная прямая и обратная взаимосвязь между ними. Рассмотрим основные виды исследований, которые могут выполняться в полевых условиях в зависимости от поставленной цели исследования (Виноградов,2008).

Визуальные наблюдения. Они необычайно важны, особенно тогда, когда проводятся теми же людьми, которые будут увиденное рассчитывать или математически моделировать. Созерцание развертывания процессов гидрологического цикла постепенно формирует представление об изучаемых явлениях. Например, многие гидрологи пытаются описать с помощью различных вариантов дифференциальных уравнений сохранения массы и импульса некое сплошное или струйчатое стекание воды по склонам. Какие визуальные наблюдения положены в основу такой акции? Может быть, стекание воды по асфальту? На самом деле поверхность бассейна представляет собой систему стоковых элементов – ограниченных микроводоразделами участков водосбора, обращенных своей открытой «водосливной» частью

к склоновой ручейковой сети. Для стоковых элементов отток из них нелинейно связан с объемом воды, аккумулированной его емкостью. Математическое описание процесса стекания принимает совершенно иной характер. Стоковые элементы легко наблюдаются в природе, но еще почти не являлись объектом экспериментальных исследований.

Стандартные наблюдения на специфических объектах. Это, видимо, самый распространенный вид полевых гидрологических исследований. В качестве специфических объектов могут выступать площадки, лизиметры и особенно малые водосборы, иногда репрезентативные, иногда с экзотическими ландшафтами, иногда экспериментальные, находящиеся в специально измененном состоянии (например, с уничтоженной растительностью).

Специальные исследования. Они расшифровывают некоторые принципиальные аспекты гидрологических процессов. В этом случае очень важно соблюдать определенную последовательность действий: постановка вопроса, планирование и проведение наблюдений или эксперимента, интерпретация результатов наблюдений или эксперимента, проведение расчетов на математической модели, подтверждение или опровержение поставленного вопроса или теории. Можно привести пример вопросов, ответы на которые могут дать специальные исследования.

Как влияет уклон на скорость добегания, на испарение, на теплообмен, на интенсивность эрозии?

Как интерпретировать результаты исследований изотопного состава вод в различных фазах водного режима реки?

Какова доля участия различных слоев почвы в суммарном испарении?

Становится ли тающий снег «суше» или «мокрее» в результате испарения?

Полевые эксперименты. В качестве реализованного примера активного гидрологического эксперимента в природе можем назвать искусственное воспроизведение естественных грязекаменных потоков в естественном селевом очаге. Серия таких экспериментов была проведена в 1972-76 гг. в бассейне р. Чемолган (хребет Заилийского Алатау близ Алма-Аты). Максимальные размеры попусков воды из специально сооруженного в горах водохранилища характеризуются следующими цифрами: 41000 м^3 и 28 м^3/с, а полученных грязекаменных потоков – 136000 м^3 и 430 м^3/с. Плотность потока достигала 2300 кг/м^3. Проведение подобного эксперимента не только раскрыло глаза на многие стороны формирования этого всегда неожиданного, а поэтому почти ненаблюдаемого природного явления, но и позволило построить математические модели селевых процессов.

Полевые исследования процессов формирования стока с дальнейшим использованием полученных данных при моделировании должны планироваться для некоторого водосбора, выбор которого определяется следующими соображениями:

- репрезентативность;
- однородность поверхности;
- постоянство условий формирования стока;
- четкая выраженность водораздельной линии;
- возможность надежного измерения стока (в месте будущего гидрометрического створа желательно отыскать естественный хотя бы и небольшой перепад отметок дна).

Репрезентативными принято называть водосборы малых рек, типичные для того или иного гидрологического режима. В качестве репрезентативных естественнее всего использовать элементарные водосборы или небольшую группу последних, составляющих малый бассейн более высокого порядка, чем единичный. Оптимальные размеры репрезентативных бассейнов, несколько зависящие от характера рельефа, таковы: 0, 1-1,00 км^2. В исключительных случаях эти границы могут быть изменены, но не более чем на порядок в ту или иную сторону. Элементарные водосборы, как объекты наблюдений и исследований для решения фундаментальных задач гидрологии, имеют целый ряд преимуществ:

• обычно они более или менее однородны по стокоформирующим свойствам, что, в конечном счете, дает возможность полученные оценки параметров модели приписать определенному ландшафту;

• один осадкомерный пункт, расположенный в пределах элементарного водосбора или рядом с ним, дает необходимую и достаточную метеорологическую информацию;

• температуру и влажность почвы можно достаточно надежно оценивать по данным двух-трех измерительных пунктов;

• сток с элементарного водосбора может быть измерен с высокой точностью;

• искажение режима стока на элементарном водосборе вследствие руслового регулирования минимально.

Результаты наблюдений на малых водосборах с различными климатическими, рельефными, ландшафтными и прочими условиями позволят получить ряд параметров моделирующей системы для дальнейшего использования их при расчетах на более крупных водосборах.

Основы организации комплексных полевых работ на горных водосборах по изучению процессов формирования стока

Особенность формирования стока в горных условиях заключается в наличии значительного уклона поверхности водосбора и широкого диапазона высот. Разнообразие ландшафтов в структуре высотной поясности горных водосборов определяет различные условия формирования стока даже в пределах небольших по площадям водосборов. Например, река Восточный Мугур, протекающая а пределах горного массива Монгун-Тайга, расположенного на стыке Алтая и Саян имеет длину 3 км и площадь водосбора 14, 5 км^2. Однако в пределах водосбора находятся ледник, злаковые тундры, степи, лесные участки. Для равнинных водосборов подобных размеров в ненарушенном состоянии такое разнообразие – редкость. Хотелось бы обратить внимание на принципиальное влияние уклона на стоковые процессы в горах, что очень важно, при совместном математическом описании переноса тепла и влаги. Оно основано на некоторых важных, хотя вроде бы и тривиальных, фактах:

• действительная площадь соприкосновения подстилающей поверхности с атмосферой всегда больше своей горизонтальной проекции;

• движение водного потока в почве и рыхлообломочной горной породе осуществляется вертикально, в то время как поток тепловой энергии направлен перпендикулярно поверхности склона.

Кроме того, горные водосборы отличаются пестротой распределения осадков, что влечет за собой мозаичность почвенно-растительного покрова и неоднородность испарения и стока. В связи с этим, при исследовании формирования стока с горных территорий с использованием математических моделей часто ощущается недостаток не только гидрометеорологической информации (из-за редкой сети постов), но и информации о водосборе, которая в виде параметров СФК вводится в модель. Эти обстоятельства могут быть учтены путем организации комплексных полевых исследований включающих кроме гидрометеорологических наблюдений, ландшафтные описания, исследование водно-физических свойств почв. Ниже приведены основные этапы полевых исследований. Представленная методика была апробирована в ходе полевых работ, проводимых факультетом географии в рамках комплексных экспедиций 2010-2913 гг. в Алтае-Саянском регионе.

I. Предварительный анализ картографического материала и литературных данных по району исследований.

II. Полевые работы, в зависимости от поставленных задач, могут быть двух видов: наблюдения на репрезентативных водосборах и маршрутные ландшафтно-гидрологические обследования.

Результаты наблюдений на нескольких репрезентативных водосборах, расположенных в различных физико-географических условиях, позволяют надежно оценить значения параметров модели и получить гидрометеорологическую информацию для дальнейшего использования их при расчетах на более крупных водосборах.

Маршрутные ландшафтно-гидрологические обследования включают в себя визуальные наблюдения и простейшие измерения, ландшафтное и гидрографическое описание местности. Маршруты прокладываются таким образом, чтобы охватить максимально возможное разнообразие условий формирования стока, что позволит в дальнейшем обобщить полученные данные для большей территории. В добавление отметим, что при маршрутном обследовании следует также обращать внимание на степень развития микроручейковой сети, что позволит судить о том или ином типе стокоформирования (поверхностный, почвенный, подземный).

В состав работ на **репрезентативном водосборе** входят:

Рекогносцировочное специализированное обследование местности.

Проведение гидрометеорологических наблюдений и исследований с учетом специфики горных территорий.

Ландшафтные описания. Исследования водно-физических свойств почвы.

Работа выполнена при поддержки РФФИ 13-05-00807-а.

Литература

1. Виноградов Ю.Б., Виноградова Т.А. Современные проблемы гидрологии – М.: Изд. Центр «Академия», 2008 – 320 с.

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНИМОСТИ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В РАСЧЕТАХ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА МАЛЫХ РЕК

[1]Виноградов А.Ю., [2]Никифоровский А.А.

[1]Санкт-Петербургский Лесотехнический университет, Санкт-Петербург, Россия
[2]ООО НПО «Гидротехпроект», Валдай, Россия

В статье обсуждаются вопросы, касающиеся правомерности применения статистических методов в инженерных гидрологических расчетах. Отмечается, что некоторые основополагающие постулаты могут вызывать обоснованные сомнения.

Ключевые слова: инженерные изыскания, гидрологические расчеты, статистические методы, лесные дорожные водопропускные сооружения.

ON THE APPLICABILITY OF STATISTICAL METHODS IN THE CALCULATION OF MAXIMUM FLOW OF SMALL RIVERS

[1]Vinogradov A.Yu., [2]Nikiforovskiy A.A.

[1]Saint-Petersburg State Forest Technical University, Saint-Petersburg, Russia
[2]Ltd Gidrotehproekt, Valday, Russia

The issues relating to the legality of the use of statistical approaches in hydrological engineering calculations are discussed. It is pointed that some of the basic tenets can cause reasonable doubt.

Key words: engineering survey, hydrological calculations, statistical approaches, forest road culverts.

Считается, что статистические методы – единственный... способ раскрыть закономерности, проявляющиеся в многолетних колебаниях стока (Крицкий, 1981).Тем не менее, сама возможность применения предлагаемого математического аппарата вызывает обоснованные сомнения.

Назначение любых научных разработок – возможность их последующего прикладного использования. Не является исключением и гидрология, решающая вопросы расчетов экстремальных расходов для проектирования различных инженерных и гидротехнических сооружений.

Расчетный расход воды регламентируется вероятностью превышения расчетных гидрологических характеристик для каждого вида строительства, устанавливаемой нормативными документами, утверждаемыми Госстроем России в зависимости от уровня ответственности сооружений (Свод правил..., 2004). Например, согласно приложению 5 (СНиП 2.06.01-86, 1986) каждому классу гидротехнических сооружений должна соответствовать своя нормативная степень надежности – вероятность того, что максимальный расход воды Q_p, соответствующий расчетному значению P_Q, не наступит в течение расчетного срока службы сооружения.

Вероятность наступления в некоторый момент времени определенного события *A* (Айвазян, 1983) равна отношению числа *m* благоприятствующих событию *A* исходов опыта, к общему числу исходов опыта *n* из полной совокупности возможных результатов опыта:

$$P(A) = \frac{m}{n} \qquad (1)$$

Поскольку мы всегда имеем дело с дискретными случайными величинами, теоретически мы можем рассчитать такую вероятность на каждую последующую реализацию. В результате проведения определенных СП 33-101-2003 (Свод..., 2004) расчетов мы должны по-

лучить количественную оценку объективной возможности наступления некоторого события.

Повторим еще раз. По окончании расчетов мы должны иметь количественную вероятность наступления события (паводка) на каждый интересующий нас момент времени. Два параметра – срок и число. Математика очень четкая наука, разночтений быть не должно. Какова у нас вероятность наступления события (паводка с определенным расходом) в следующем году?

«Расчеты годового стока и других его характеристик представляются в виде количественной оценки, отвечающие той или иной заданной обеспеченности или повторяемости – в среднем один раз в N лет без указания срока наступления расчетной величины» (Горошков, 1979).

«Значения характеристик стока для каждого года можно считать случайными и не зависящими друг от друга, поэтому не представляется возможным прогнозировать срок их появления, но можно оценить лишь вероятность их превышения более высокими значениями» (Федотов, 2005).

Следовательно, дату наступления нашего паводка мы оценить не сможем.

Как же быть с его численным значением?

Используя аппарат теории вероятностей, мы имеем дело со случайными величинами или процессами.

Если наш максимальный расход – случайная величина, то согласно определению (Айвазян, 1983), он должен быть измеряем, иметь физический смысл и значения его могут быть подвержены некоторому неконтролируемому разбросу при повторных наблюдениях. Но в (Айвазян, 1983) подразумеваются многократные повторные измерения какой-либо величины, того же расхода, в течение короткого периода и при постоянной водности. Мы же имеем дело с рассчитанными различными методами среднесуточными расходами, например, по измеренному уровню, по меткам высоких вод и т.д.

«Многие гидрологические характеристики определяются огромным числом факторов, степень влияния каждого из которых учесть практически невозможно. При этом конкретное значение характеристики есть результат случайного сочетания этих факторов. С учетом этого, сама исследуемая характеристика должна рассматриваться как случайная величина (или случайный процесс) и для ее определения могут быть использованы методы теории вероятности и математической статистики» (Дружинин, 2001). «Определение гидрологических характеристик основано на использовании уравнений, описывающих связь рассчитываемой характеристики с определяющими ее факторами. Полностью учесть влияние всех факторов на гидрологическую характеристику невозможно в силу их многообразия и случайности влияния. Поэтому гидрологические связи не являются функциональными, а носят вероятностный характер, относятся к статистическим, и к ним могут быть применены методы статистического анализа» (Владимиров, 1990).

«Величины, численное значение которых зависит от не поддающихся предварительному учету случайных обстоятельств, называются случайными» (Гнеденко, 1964).

На первый взгляд существует немало природных факторов, оказывающих влияние на формирование стока, и учесть их количество и степень воздействия на искомую гидрологическую характеристику сложно или невозможно. Попробуем перечислить некоторые физико-географические факторы:

Первый – рельеф. Например, чем круче склоны водосбора, тем обильнее и быстрее пройдет паводок.

Второй – наличие на водосборе растительности и других регулирующих факторов. Чем гуще на водосборе лес, и больше болот, тем более сглажена будет паводочная волна.

Третий – состав почв и их аккумулирующая и фильтрационная способность.

И, наконец, четвертый фактор – осадки.

Для каждого водосбора первые три фактора не случайны, мало меняются во времени и ведут себя вполне предсказуемо. Следовательно, их влияние с определенной вероятностью можно предварительно учесть.

Классическая теория вероятности имеет дело с однородными массовыми операциями, зависящими от одного-двух случайных факторов.

Предположим, что «гидрологические характеристики определяются огромным числом факторов». Пускай каждый фактор имеет свою вероятность реализации. Тогда вероятность совместного наступления двух событий равна произведению их вероятностей (Гнеденко, 1964). Пусть n – число факторов, в первой строке – вероятность «нужного исхода» для одного фактора (Таблица 1). В предположении, что факторы равнозначны, при вероятности по одному фактору 0.5 (равновероятны как проявление, так и отсутствие влияния фактора) и пяти факторах имеем вероятность «редкого» события – 0.03, что уже практически неосуществимо. Результат расчета не изменится и при учете различной вероятности наступления факторов.

Таблица 1.
Вероятность наступления события в случае воздействия нескольких факторов.

Число факторов	Вероятность наступления события			
1	0.05	0.1	0.25	0.5
2	0.0025	0.01	0.0625	0.25
5	0.0003125	0.00001	0.000977	0.03125
10	0.0000000000000977	0.0000000001	0.000000954	0.000977

В связи с тем, что «...закономерности колебания характеристик стока свободных (незарегулированных) рек устойчивы в течение периодов, соизмеримых со столетиями» (Владимиров, 1990), можно сделать вывод – факторов совсем не много, и величины вероятности наступления этих факторов достаточно велики.

Функции распределения представляют собой преобразование случайной измеренной характеристики в некую теоретическую, распределенную по известному вероятностному закону. Ни физически обоснованных причин, обуславливающих такое преобразование, ни анализа явлений, приводящего к необходимости использования, как исходного распределения, так и его преобразования, авторы методологии не приводят (Крицкий, 1981). Предполагается, что такие кривые должны «хорошо ложиться» на экспериментальные точки. Поэтому в области экстраполирования разные «функции распределения», а по сути — сглаживающие кривые, могут давать результаты, отличающиеся друг от друга в несколько раз. Действительно, экстраполяция конечной выборки без физических соображений – некорректная математически задача.

Возьмем, для примера, 60-летний ряд наблюдений реки Медвенки Подмосковной водобалансовой станции. Теоретическая кривая Пирсона III типа описывает эмпирические значения с достоверностью аппроксимации около 0,9; а простая полиномиальная функция 5 степени – с достоверностью 0,998. И это только в области измеренных значений.

Параметрами кривой распределения являются коэффициенты вариации C_V и асимметрии C_S, отличающие ее от нормального распределения (точнее играет роль отношение C_S/C_V), вне зависимости от конкретного вида этой функции. Коэффициенты вариации C_V и асимметрии C_S, вообще говоря, характеризуют любую выборку ($x_1, x_2,\ldots, x_n$) и могут считаться дополнительными параметрами выборки, наряду с средним значением, дисперсией

и эмпирическим распределением $F_n^*(x)$. Более того, считая условия формирования стока географическим и климатическим факторами, можно предположить, что значения этих параметров близки для объектов, расположенных в одном гидрологическом регионе и при этом не имеющих принципиальных особенностей. Само по себе это предположение не нуждается в вероятностном подходе, а просто использует статистические методы обработки результатов измерений. Естественно, можно предположить применение и других характеристик выборки, или не использовать подобный анализ вовсе. Поскольку для корректного определения C_S требуются ряды длиной 200 членов и более, а на коротких выборках ошибка C_S может измеряться десятками процентов, рекомендуется принимать C_S, а точнее C_S/C_V), по усредненным региональным данным. На практике расчет считается надежным, если погрешность среднего не превышает 10%, а коэффициента вариации – 15%.

Отправной точкой для оценок этих величин, как значений параметров фактически существующего вероятностного закона, является сходимость эмпирических оценок к соответствующему пределу. Нами проанализированы данные наблюдений за стоком рек Верхне-Волжского бассейна, имеющих интервал наблюдений более 50 лет, с целью получить оценку этой сходимости. При этом последовательно вычислялись значения среднего, коэффициентов вариации и асимметрии, значения $Q_{1\%}$ и $Q_{0,1\%}$ для полного ряда, последовательно для ряда без последних пяти членов и т.д.

В качестве примера, данными таблицы 2 иллюстрируем изменения соотношения C_S/C_V для поста р. Тверца – п. Медное, площадь водосбора 5400 км^2. Максимальный измеренный расход за время наблюдений (74 года) составил 108,6 м^3/сек.

Таблица 2.
Оценка соотношения C_S/C_V для одного поста в зависимости от длины эмпирического ряда.

N, лет	Средний из выборки максимальных годовых расходов, м^3/сек	C_V	C_S/C_V	Эмпирическая обеспеченность, %	Расчетный расход 1% обеспеченности, м^3/сек	Расчетный расход 0,1% обеспеченности, м^3/сек
74	62,9	0,29	0,90	1,33	108,1	123,9
70	62,6	0,29	0,99	1,41	108,8	125,2
65	62,0	0,29	1,17	1,52	108,5	125,7
60	62,0	0,30	1,32	1,64	109,9	128,4
55	60,3	0,29	1,36	1,79	106,6	124,6
50	58,5	0,30	2,03	1,96	106,4	128,1
45	57,0	0,31	2,67	2,17	108,5	133,8
40	56,6	0,32	2,70	2,44	109,4	135,6
35	57,9	0,32	2,22	2,78	110,4	135,2
30	58,2	0,32	2,60	3,23	112,5	139,2
25	55,1	0,32	3,83	3,85	111,7	147,3

Полученные данные показывают, что сходимости среднего и C_S/C_V, даже в пределах естественной неточности, на таких длинах выборки не наблюдается. Однако при определении C_V и $Q_{1\%}$ получаются достаточно хорошо сходящиеся величины. Величина отношения C_S/C_V меняется в пять раз для одного поста в зависимости от длины эмпирического ряда. Возникает вопрос: каким образом для всех рек целого региона соотношение C_S/C_V может приниматься постоянным?

Литература

1. Айвазян В.А. Прикладная статистика. Основы моделирования и первичная обработка данных. М.: «Финансы и статистика», 1983.
2. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. Л. Гидрометеоиздат, 1990.
3. Гнеденко Б.В. Элементарное введение в теорию вероятностей. М., «Наука», 1964.
4. Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. Гидрометеоиздат Л., 1979.
5. Дружинин В.С. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. СПб.: изд. РГГМУ. 2001.
6. Крицкий С.Н. Гидрологические основы управления речным стоком. М.: «Наука», 1981.
7. Свод правил по проектированию и строительству. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик: свод правил /ред. А.В. Рождественского, Госстрой России. М., 2004. 73 с.
8. СНиП 2.06.01-86.
9. Федотов Г.А. Изыскания и проектирование мостовых переходов. Строительство, 2005.

ВЛИЯНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА МАССОВОЕ СЕЛЕОБРАЗОВАНИЕ В ГОРНЫХ РАЙОНАХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Генсиоровский Ю.В., Казаков Н.А., Жируев С.П., Павлов В.С.

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,
Сахалинский филиал, Южно-Сахалинск, Россия*

Рассматриваются гидрометеорологические условия массового формирования селевых потоков в Восточной Сибири.

Ключевые слова: осадки, сель, массовое селеобразованиея.

INFLUENCE HYDROMETEOROLOGICAL FACTORS ON THE MASS DEBRIS-FLOW IN MOUNTAIN REGIONS OF EASTERN SIBERIA

Gensiorovskiy Y.V., Kazakov N.A., Zhiruev S.P., Pavlov V.S.

Far East Geological institute FEB RAS, Sakhalin department, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

В последние годы отмечено несколько случаев массового селеобразования в горных районах Восточной Сибири.

В июле 2012 года зафиксирован период массового схода селевых потоков в бассейне р. Быйиики (Кадарского хребет, Бурятия) рис. 1.

а) б)

Рисунок 1. Массовое селеобразование в басс. р. Быйики 21.07.2012: а – отметка селевого уровня; б – селевые отложения промытые послеселевым паводком.

28 июня 2014 года массовое формирование селей зарегистрировано на восточном склоне Саяна в районе с. Аршан (Бурятия).

Эти случаи схода селевых потоков связывают с интенсивным выпадением ливневых осадков в горах вышеназванных районов.

Проводя анализ данных гидрометеорологических станций (ГМС) расположенных в непосредственной близости от участков формирования селей, надо отметить, что ГМС рас-

положены в днищах котловин, в абсолютных отметках 709-720 м (табл. 1). Средняя высота водосборных площадей селевых бассейнов составляет 1700 – 1800 м. Таким образом, суточные суммы осадков, зарегистрированные на ГМС, не отражают реальной картины их выпадения.

Таблица 1.
Суточные суммы осадков в период предшествующий формированию селевых потоков по данным ГМС

ГМС и район ее расположения	Абсолютная высота, м	Абсолютные отметки горных хребтов в районе ГМС, м	Глубина расчленения, м	Дата формирования селей	Суточная сумма осадков, мм
Чара, Чарская котловина, Забайкалье,	709	2500	400-1500	21.07.2012	58,0
Тунка, Тункинская котловина, Бурятия	722	2300	400-1500	28.06.2014	7,0
Хамар-Дабан, хр. Хамар-Дабан	1442	2500	400-1500	01.07.2014	172,0*

*- количество осадков за 12 часов

Как видно из представленной таблицы, суточные суммы осадков по ГМС Чара и ГМС Тунка в период формирования селей составили 58,0 мм и 7,0 мм соответственно. И если по ГМС Чара, это зарегистрированный суточный максимум за весь период наблюдений, то по ГМС Тунка, количество выпавших 28 июня осадков не отражает характер ливневых осадков на восточном склоне Саяна.

Для оценки возможного количества ливневых осадков выпадающих в горах Восточной Сибири и их интенсивности в таблице 1 приведены данные об осадках выпавших на ГМС Хамар-Дабан (хр. Хамар-Дабан) 1 июля 2014 г.

За 12 часов количество выпавших осадков составило 172 мм, а за сутки выпало более 190 мм.

По данным, приведенным в работе (Лапердин, 2010), для Восточной Сибири средний градиент осадков составляет - 50 мм/100 м.

Таким образом, для водосборных площадей селевых бассейнов рассматриваемых районов, для массового формирования селей суточные суммы осадков должны превышать 200 мм.

Кроме этого, обычно не рассматриваются данные об осадках выпавших в горах исследуемой территории в ноябре – мае.

Как показывает анализ данных об осадках выпавших на ГМС Чара в сезоне предшествующем массовому селеобразованию, в апреле-мае 2012 г, их количество составило 214% от нормы. Количество осадков, выпавших на ГМС Тунка в апреле-мае 2014 г, составило 137% от нормы. То есть, в период, предшествующий снеготаянию, на водосборных площадях было накоплено большое количество влаги.

Необходимо так же отметить и тот факт, что в обоих случаях среднесуточная температура мая и июня была ниже среднемноголетних значений на 0,7-1,2 ^{0}C, а затем последовало ее резкое повышение: ГМС Тунка -максимум +29,8 ^{0}C (26.06.14); ГМС Чара - максимум +26,6 ^{0}C (13.07.12).

Наложение на снеготаяние в отметках 1700 м и выше ливневых осадков привело к массовой активизации селей в обоих рассматриваемых случаях.

Выводы

Массовая активизация селевых потоков в горных районах Восточной Сибири возможна при:

1. Продолжительной затяжной весне;
2. Наличии в горной части селевых бассейнов запасов влаги в снежном покрове превышающих среднемноголетние значения на 20% и более;
3. Наложении интенсивных ливневых осадков на снеготаяние.

Сочетание вышеприведенных факторов с наличием большого количества материала в потенциальных селевых массивах (ПСМ), приводит к массовому селеформированию и сходу селевых потоков большого объема.

Литература

1. Лапердин В.К., Тржицинский Ю.Б. Экзогенные геологические процессы и сели Восточного Саяна. Новосиб., Наука, 1977 – 103 с.
2. Лапердин В.К., Качура Р.А. Геодинамика опасных процессов в зонах природно-техногенных комплексов Восточной Сибири. Иркутск: ООО «Оперативная типография «На Чехова»», 2010 – 311 с.

Раздел IX
Инженерные изыскания, проектирование и строительство зданий и сооружений в селеопасных регионах

Part IX
Debris flow engineering: design of protective measures

ОПЫТ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ В СЕЛЕОПАСНЫХ РАЙОНАХ АРМЕНИИ

[1]Хачатрян Д.А., [1]Федотов А.П., [2]Хачатрян В.Д.

[1]ООО «Бюро Технических Изысканий», Краснодар, Россия
[2]Спасательная служба МЧС РА, Ереван, Армения

Рассматриваются особенности применения инженерно-геологических исследований в Хндзорутском районе г. Ванадзор (бывший Кировакан) Армении. Приводятся общие сведения о районе работ, о ежегодных селевых явлениях на этом участке, проблемах селеотводов, отсутствия селезащитных сооружений, опасных геологических и гидрометеорологических явлениях, человеческой деятельности, способствующей возникновению и увеличению риска от селевых потоков. Анализируется инженерно-геологическое строение селе- и оползнеопасных склонов. Даются рекомендации по инженерной защите изучаемого района.

Ключевые слова: сель, инженерная геология.

EXPERIENCE OF ENGINEERING SURVEY IN MUDFLOW DANGER AREAS OF ARMENIA

[1]Khchatryan D.A., [1]Fedotov A.P., [2]Khachatryan V.D.

[1]BTI-Co, Krasnodar, Russia
[2]Ministry of Emergency Situation of RA, Yerevan, Armenia

We consider the features of the application of geotechnical studies in area Xndzorut near Vanadzor (formerly Kirovakan) in Armenia. Provides general information about the area of work on the annual mudflows on this site seleo teodah problems, lack of facilities anti mud slide protection, hazardous geological and hydro meteorological phenomena, human activities contribute to the emergence and increasing the risk of mudslides . Analyzes the geotechnical structure and village landslide dangerous slopes. Provides recommendations for engineering protection of the study area.

Key words: mudflow, engineering survey.

Введение

Основными причинами возникновения катастрофических селевых потоков в горных и предгорных районах в Армении и во всем мире являются горный рельеф, геологическое строение и склоновые процессы, наличие ледников, климатические катаклизмы, человеческая деятельность (вырубка лесов, геологоразведочные неконсервированные выработки, неочищенные от твердых стоков барражи, незавершённые селеотводы, построенные на селеотводах хозяйственные постройки, неправильно проектированные и построенные селезащитные, регулирующие селеотводящие сооружения).

Селевые потоки были и остаются причиной возникновения чрезвычайных ситуации: гуманитарных и экологических катастроф. К примеру, в Крымском районе Краснодарского края 6-7 июля 2012 г. из-за человеческой деятельности наводнение превратилось в селевой поток, став причиной гибели 172 человек, число пострадавших - более 34 тысяч человек. Совокупный ущерб составил 20 млрд. рублей (Google.ru, Wikipedia, 4). Издавна селевые потоки наносили огромный урон Армении. Библейский потоп, Ноев ковчег охватывают исторические и настоящие территории Армении. Одним из трагических событий, произошедшим в ночь на 25 мая 1946 г., явился селевой поток р. Гетар и стал причиной гибели 200 жителей г. Еревана. Материальный ущерб составил 53 миллиона рублей (Yegiazarow, 1946). Углубление и выпрямление русла р. Гетар исключили проблему дальнейших угроз. Ущерб от селевых потоков увеличивается от глобального изменения климата (Азарян и др. 2005, Хачзтрян и др. 2008).

В 2008-2010 гг. образовавшиеся грязекаменные селевые потоки обрушились на городские кварталы Ванадзора, затопив одно- и двухэтажные постройки и подвально-цокольные отсеки высотных зданий (рис. 1).

Рисунок 1. Поиск ливневой канализации (1 кадр), поток из ул. Ереванянской стремится вниз к реке (2), вымывший цокольное строение сооружения (3), работы по открытию селеотвода (4), остатки твердого стока на ул. Ереванян (5). Кадры из репортажа Армения ТВ после селевого потока.

Учитывая огромный материальный ущерб, ежегодно причиняемый селевыми потоками, Правительством Армении были выделены средства для осуществления комплексных мер по защите района Хндзорут г. Ванадзора.

Инженерно-геологические изыскания на территории склона Хндзорут

Район работ расположен на северном склоне Памбакского хребта, с севера он ограничен р. Тандзут, с востока - левобережным притоком р. Тандзута Гарпи, с запада - естественным селеотводом, выходящим на ул. Сасунцинеры. Район работ находится в активном сейсмотектоническом разломе Спитак-Памбак, активизация которого стала причиной Спитакского землетрясения 07.11.1988 г. (Степанян, 2002), причинившего немало бед в г. Ванадзора. Участок находится на стыке Спитак-Севанской синклинали и Тандзутской антиклинали. На участке присутствуют многочисленные тектонические нарушения, развиты оползневые явления, ставшие причинами зарождения селевых потоков. Из экзогенных процессов развиты также завалы, паводки, связанные с перечисленными реками. На участке присутствуют все факторы для формирования селевых потоков, отмеченных выше. На участке преобладают сели грязекаменного состава. Селеобразующие зоны, расположенные выше Хндзотут, характеризуются крутизной склонов 20-30^0. Ниже склонов 5-я и 6-я ул. фактически являются зоной транзита с крутизной местности 10-15^0, однако, наличие домов, хозяйственных построек и культивация земель превращают улицы в зоны частичной или полной разгрузки. Ущерб для близлежащих домов увеличивается из-за малой пропускной способности (рис. 2), забитости твердым стоком, наличия изгибов селеотводов, а также отсутствия селерегулирующих сооружений и др. Остаток твердого стока полностью оседает на магистральной автодороге ул. Ереванян в 30-60 м от реки Тандзут (рис.1).

Рисунок 2. Изгибы селеотвода ул. 5-ой и 6-ой (Ядоян и др., 2010). 1 - жирными линиями указаны места основных изгибов, 2 - образование оврага в результате проходящего селя, 3 - селеотводящий канал, 4 - паводки после прохождения селя. Очевидно, что селеотвод на рис. 2,3 имеет десятикратно меньшую пропускную способность, чем проходящие сели или паводки. По нашим подсчетам, площадь проходящего паводка после селя в разрезе по створу конца рис. 2,4, с учетом рис. 1,1 больше 4-х м^2.

Состав и задачи инженерно-геологических работ

В инженерно-геологические изыскания включили полевые исследования: обследо-

вание домов с целью оценки ущерба от селевых потоков, рекогносцировочное обследование, маршрутные наблюдения, топографическая сьемка участка в масштабе 1:200, проходка горных выработок, отбор образцов, режимные наблюдения за дебетом родников и водотоков, геофизические методы исследования и др. Камеральные и лабораторные исследования включали дешифровку аэрокосмических снимков, сбор и обработку данных геофондов, архивных материалов, комплексный анализ вод, грунтов, пород и др. Особенностью инженерно-геологических изысканий являлись геофизические методы исследования при изучении глубин свыше 50 м. Это было связано с дешевизной по сравнению с бурением. Для изучения инженерно-геологического строения больших глубин применялось вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ). С целью установления литологических границ, границ распространения активных или древних оползневых тел применялось симметричное электропрофилирование (СЭП).

Результаты работ

Согласно комплексным исследованиям глубинные тектонические нарушения служат ложем 3 блоков оползней мощностью 30-60 м тектонического происхождения. Дайки сиенитового состава служат границами тектонических смещений. Мощность 11 более активных и мелких оползней колеблется от 0,5 до 15 и более метров. Глубина залегания водоупорных глин на южном участке колеблется от 30 до 60 м, в северной части она выходит на дневную поверхность, где ее мощность доходит до 15-20 м. Рыхлые образования представлены супесчано-суглинистым составом мощностью 25-30 м. Они вовлечены в селевой процесс и залегают над туфобрекчиями вулканогенно-осадочного происхождения. Уровень грунтовых вод на склоне в зоне распространения рыхлых образований колеблется от 0,4 до 1,9 м. Мощность водоносного горизонта на склонах колеблется от 2,0 до 3,0 м. На восточном участке они выходят на поверхность в виде родников, местами став причиной образования болотцев. Для отдельных участков рассчитана устойчивость склонов. Составлены карты инженерно-геологического строения участка в масштабе 1:5 000, экспозиции и уклонов склонов в масштабе 1:5 000, генезиса и степени поврежденности зданий и сооружений. На основании космических снимков и результатов комплексных работ построена трехмерная модель тектоно-гравитационных оползневых блоков, служивших частью селеносных бассейнов и являющимися причинами возникновения селей. Модель позволяет оценить состояние селеносных бассейнов и прогнозные оценки их развития. Выявлены и описаны селеносные участки с естественными и искусственными селеотводами, вновь образовавшие сухие мелкие балки, их состояние, инженерно-геологическое строение склонов: мощность, тип и состав почвенного слоя, мощность рыхлообломочного материала, их физико-механических и фильтрационных характеристик. Эти параметры определены и для подстилающих пород.

Предложено: выпрямление трассы существующих и проектируемых селеотводов, увеличение их пропускной способности на порядок, с учетом гидрометеорологических прогнозов последних лет, строительство на селеотводах селерегулирующих сооружений. Противооползневые мероприятия являются и противоселевыми. В состав мероприятий, в зависимости от условий склона, параметров и состояния оползневых тел и других факторов включены: построение селеотводов на отметках выше оползневых тел, горизонтальные дренажные скважины, подпорная стена, габионная (нержавеющая) защита, насаждение деревьев, кустарников, укрепление грунтов с помощью геосеток, геотекстиль, защитный раствор «Уйсит» с травяным покровом и др. современные средства (Ядоян, 1989, 2010). Насаждение ценных кустарников и деревьев с учетом высоты, культивирующих по соседству, станет дополнительным экономическим стимулом. Изучено изменение колебания уровня грунтовых вод в пределах города под воздействием техногенного фактора и др. Определена

коррозионная агрессивность грунтов, выявлены места трубопроводов, подверженных коррозионной агрессии, старению и др.

На участке работ распространены грунты 3-ой категории. С учетом требования “Сейсмостойкое строительство, нормы проектирования РА”, расчётное значение ускорения грунтов составило 0.63 g вместо исходного 0,4 (9 бальная зона). Участок не рекомендован для строительства всех типов сооружений без дополнительных антисейсмических мероприятий.

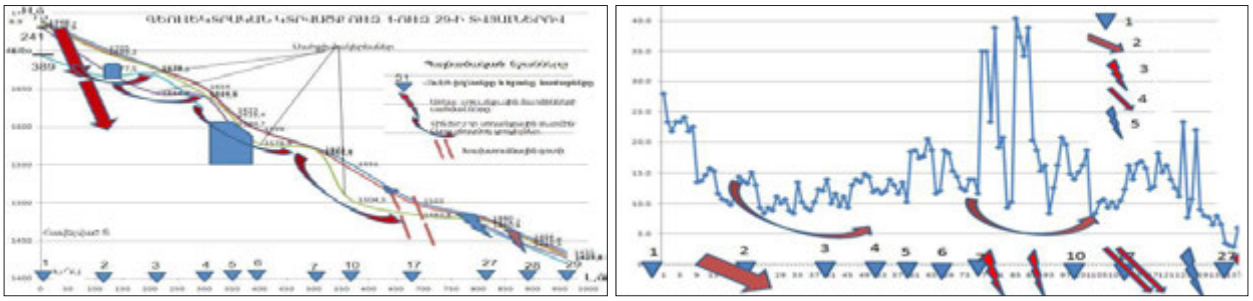


Рисунок 3 . Один из геолого-геофизических разрезов выше по склону 5-ой и 6-ой улиц по данным ВЭЗ (1) и график электропрофилирования с элементами интерпретации (2). Условные обозначения: 1 - точки УЭЗ и их номера, 2 - вероятные поверхности скольжения по тектоническим нарушениям, 3 - вновь образовавшиеся поверхности скольжения по данным ЭП, 4 - тектонические нарушения, 5 - вероятные поверхности скольжения, 6 - границы и направление движения оползневых тел.

Литература

1. Азарян С.Н., Степанян В.Э., Гюрджян Ю.Г. К вопросу возникновения паводковых наводнений в Армении. Материалы IX международных научных чтений, Самара, 2005.
2. Бойнагрян В.Р., Степанян В.Э., Хачатрян Д.А., Ядоян Р.Б., Аракелян Д.Г., Гюрджян Ю.Г. Оползни Армении. ОБСЕ-Асогик, Ереван, 2009, 308 стр.
3. Степанян В.Э., Азарян С.Н. Прогноз последствий землетрясений в задачах спасения населения. Ереван, 2002, 389 стр.
4. Хачатрян Д.А., Закарян Г.А., Степанян В.,Э. Стихийные бедствия локального проявления глобального потепления в Армении. Сборник тезисов Международной конференции по сокращению стихийных бедствий, связанных с водой, с.39-40. Душанбе, 2008г.
5. Yegiazarow I.V. The water-stone mudflow on May. 25th 1946 on the Getar and Dzhrvezh rivers. The mudflows and measures for struggle against them. Publishing house of the USSR AS, Mocow. pp. 99-131.

КРАТКИЙ ОБЗОР ИСТОРИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОТИВООБВАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ В АВСТРИЙСКИХ АЛЬПАХ С 1850 ГОДА С АКЦЕНТОМ НА НОВЕЙШИХ ДОСТИЖЕНИЯХ В ОБЛАСТИ ГИБКИХ СИСТЕМ СДЕРЖИВАНИЯ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ И ПРИМЕРАМИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ПРОЕКТОВ

[1]Haidn M., [2]Gotz F.

[1]Trumer Schutzbauten GmbH, Austria
[2]RUD Barriertech GmbH, Germany

С незапамятных времен топографические и демографические условия в Австрийских Альпах способствовали природным катастрофам. Такие происшествия, как селевые потоки, наводнения, камнепады и лавины представляют опасность для 70% территории государства. Первый документированный случай применения защитных сооружений против селевых потоков относится к 1850 году. В наши дни мы можем извлечь выгоду из этой долгой истории проектирования и строительства систем сдерживания селевых потоков и, владея аналитическими методами и техническими приспособлениями, можем внедрить 130-летний практический опыт вместе с новыми технологиями и материалами. Результатом этих разработок стали гибкие системы *DebrisCatcher* и *GullyNet,* открывающие новую эру в сдерживании селевых потоков.

Ключевые слова: барьер для селевых потоков, DebrisCatcher, защитная конструкция, сдерживание селевых потоков.

Введение

Австрии принадлежит около 30 процентов европейских Альп, что составляет 65 процентов территории страны и является крупнейшим горным районом из всех альпийских государств. Более 50 процентов населения Австрии живут в Альпах, что, например, более чем в два раза превышает количество швейцарцев, проживающих в альпийских районах. Помимо постоянных жителей, Австрию и ее горные районы ежегодно посещают более 36 миллионов туристов. Эти факты выделяют Австрию как альпийское государство номер один в центральной Европе, но в то же время и показывают, что этой нации приходится бороться со всеми негативными последствиями, сопряженными с гористой местностью, гораздо больше, чем любой другой европейской стране. Адекватная позиция развитого государства – в любом из своих регионов защищать жителей и туристов от локальных природных катастроф (селевых потоков, наводнений, камнепадов и лавин) так, как это происходит в Австрии.

Не удивительно, что австрийцы должны были как-то решать эту проблему и в прежние времена. В 1850 году в качестве профилактической меры высоко в горах была установлена первая упорядоченная конструкция для борьбы с селевыми потоками и защиты населенных долин. В 1879 году в Университете природных ресурсов и биологических наук в Вене прошла первая лекция о проблемах контроля потоков и лавин, а после катастрофического наводнения 1882 года в империи в 1884 году был принят первый закон и учрежден орган власти, отвечающий за контроль потоков и лавин. На сегодняшний день за плечами австрийских инженеров – 130 лет опыта разработки и внедрения защитных конструкций, что превращает их в неисчерпаемый кладезь знаний в этой области.

Разработка заграждений для селевых потоков

Австрии посчастливилось обладать 12,239 водоразделами, которые способны производить селевые потоки, представляющие потенциальную угрозу для населенных пунктов и инфраструктуры. В 2009 году было зарегистрировано и впоследствии проанализировано око-

ло 300 селевых потоков. Для гарантии безопасности человеческих жизней, среды обитания и имущества существует приблизительно 51,500 перегораживающих конструкций, в число которых входят все гидротехнические строительные сооружения на горных реках и потоках.

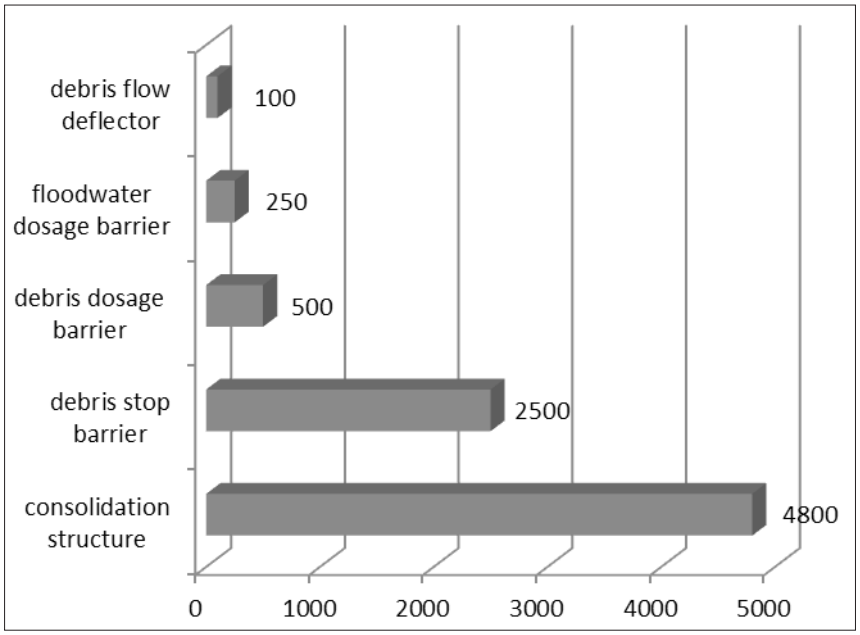


Рисунок 1. Типы и приблизительное количество существующих в Австрии сооружений. Сверху вниз – отражатель селевого потока; ограждение, дозирующее паводковые воды; ограждение, дозирующее обломки породы; ограждение для остановки обломков породы; приспособления для укрепления.

В течение десятилетий было разработано и непрерывно усовершенствовалось огромное количество разнообразных типов конструкций со специализированными областями применения. Целью являлась разработка различных функциональных типов для укрепления, удержания воды или обломков породы, их дозирования, фильтрования обломков породы и древесины, а также для гашения энергии в зависимости от процесса, который при каждом селевом потоке является специфическим. Первым реализованным сооружением были подпорки, изготовленные с применением деревянных опускных колодцев, основными функциями которых являлись укрепление берегов потока и минимизация подвижности обломков породы. За этими конструкциями последовали две размерные массивные стены, изготовленные из железобетона, или стены, изготовленные из натурального камня. Вследствие того, что 60 процентов территории Австрии покрыто лесами, столкновение валежника и плавника, которые несет селевой поток, с защитными сооружениями всегда создавало проблемы с завалами перед преградами и перетеканием потока через них. Этот факт привел к внедрению трехмерных бетонных заграждений, оснащенных зарешеченной секцией стока.

Недавние события показали, что к обработке водоразделов, способных стать источником селевых потоков, необходимо подходить с точки зрения комплексных рациональных решений, чтобы с одной стороны гарантировать снижение подвижности обломков породы, а с другой – обеспечить проницаемость определенного количества обломков, нанесенных на систему слива. Кроме того, более важными стали темы технического обслуживания и очистки, а также временных и финансовых затрат на строительство. Как реакция на эти требования, усовершенствование привело к внедрению функциональных структур, объединенных принципом разделения действий, таких как укрепление, гашение энергии и удержание воды и обломков породы. Кроме того, был одобрен дизайн автоматически опорожняющихся заграждений для селевых потоков и требовались более финансово выгодные и менее влияющие на окружающую среду решения.

Конструктивные решения для гибких систем сдерживания селевых потоков

Основываясь на австрийском историческом опыте строительства защитных сооружений от селевых потоков и концентрируясь на требованиях перспективного рынка, инженеры *TrumerSchutzbauten GmbH* создали новый тип векторных функциональных защитных сооружений против селевых процессов. В *DebrisCatcher* применяется лямбдообразная стойка, имеющая шарнирное соединение между основной балкой и подпоркой, а также между двумя опорными плитами (рис.2).

Несколько цельностержневых креплений фиксируют каждую опорную плиту к фундаменту. В зависимости от высоты сооружения вдоль него на неограниченное расстояние тянутся группы направляющих тросов с интервалами в 1 м. (рис.4). Отдельные тросы оснащены одним тормозным элементом *AVT-phx*, который представляет собой стальную спираль, размер которой увеличен с помощью пластика.

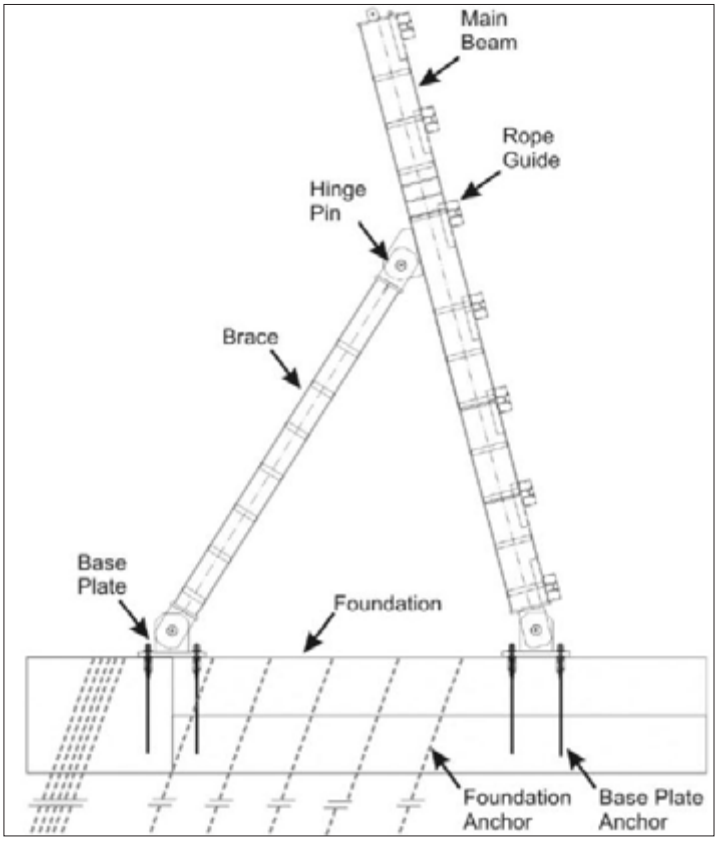


Рисунок 2. Конструкция опоры DebrisCatcher. Подпорка, сверху вниз – ось шарнира, подпорка, опорная плита. Рядом – основная балка, направляющее приспособление для каната. Внизу слева направо – крепление фундамента, крепление опорной плиты.

Деформация под воздействием силы

Все комплектующие имеют покрытие из горячего цинка, нити сети и направляющие тросы имеют высококачественное цинково-алюминиевое гальваническое покрытие для обеспечения максимальной антикоррозийной защиты. Сетевую структуру формирует *Omega-Net*. Это витая сеть, состоящая из отдельных волнообразно изогнутых прядей стального троса. Пряди состоят из спиральных тросов диаметром 10,5 мм, которые – несмотря на то, что имеют точки пересечения – не соединены друг с другом. В результате это дает чрезвычайно прочную и гибкую сеть с эффективным размером ячеи 170 мм. Сети, тросы и тормозные элементы, предусмотренные дизайном, схожи с теми, которые часто используются в противообвальных системах *TrumerSchutzbauten 5000 kJ*.

Рисунок 3. Выгребание с передней части DebrisCatcher в Канаде.

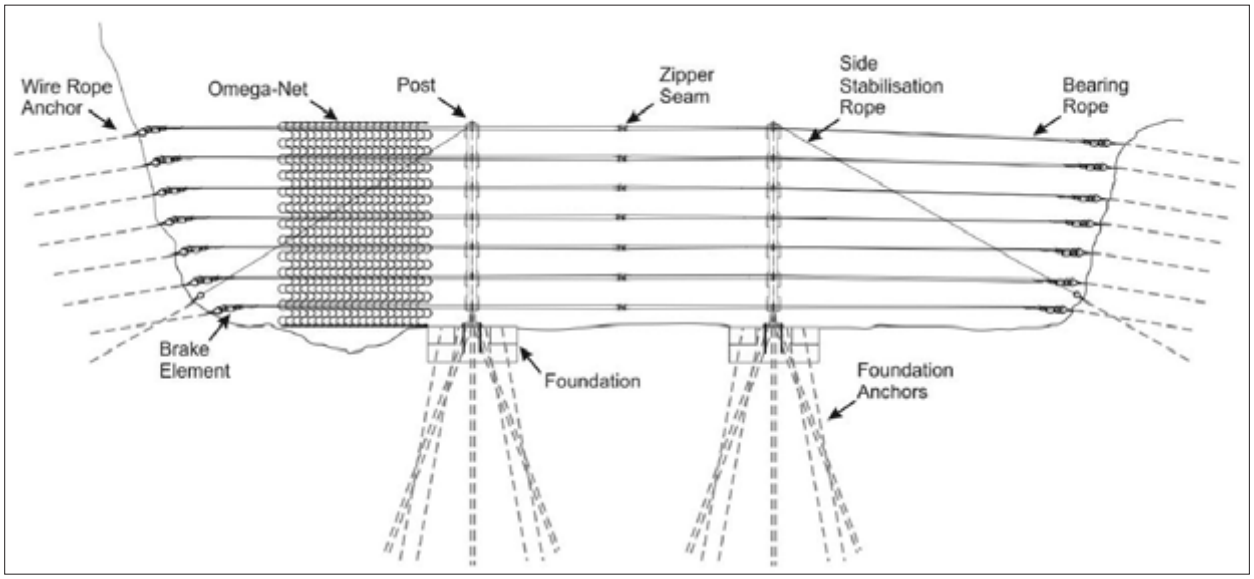


Рисунок 4. Вид спереди, показывающий расположение направляющих тросов и фундамента. Верхний ряд, слева направо – крепление проволочного троса, Omega-Net, опора, шов типа «молнии», боковой стабилизирующий трос, направляющий трос. Нижний ряд, слева направо – тормозной элемент, фундамент, крепление фундамента.

Преимущества в отличие от других заграждений из проволочной сетки

- Сеть изготовлена из стальных тросов с высоким пределом прочности на разрыв и упругими свойствами
- Тормозные элементы расположены по краям, а не в разгрузочной секции
- Отсутствие сдерживающих тросов в находящейся выше области отложения наносов
- Неограниченная ширина и высота до 7,5 м
- Множественные точки для демонтажа и технического обслуживания с лицевой стороны
- Высококачественное антикоррозийное покрытие (горячий цинк) с покрытием более 200 г/м²

Мониторинг и ранее предупреждение

В отличие от противообвальных ограждений *TrumerSchutzbauten,* испытания образцов которых, выполненных в масштабе 1:1, проходят в контролируемых условиях, селевые потоки трудно воссоздать искусственно, а еще большая неточность возникает во время имитации по причине нехватки вводных данных.

DebrisCatcher позволяет применение системы непрерывного контроля за усилием тросов и активацией тормозных элементов дополнительно к функции раннего предупреждения, которая уже была осуществлена в Австрии и Канаде.

Литература

1. A. Bichler, D. Yonin, G. Stelzer. Flexible Debris flow Mitigation: Introductioning the 5.5 Mile Debris Fence, Technical Report.
2. EURAC/Agralp, NationaleAlpenkonventionsgebiete, www.eurac.edu, retrieved on 24.06.2014.
3. J. Hübl, M. Chiari, A. Kogelnig, C. Scheidl, (2009): Die WildbachereignisseimSommer 2009 Ereignisdokumentation (ERDOK09); IAN Report 133, Institute of Mountain Risk Engineering, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna.
4. Statistic Austria, Tourism, retrieved on 24.06.2014.

SYNOPSIS OF THE HISTORICAL DEVELOPMENT OF TORRENT ENGINEERING IN THE AUSTRIAN ALPS SINCE THE 1850S WITH EMPHASIS ON THE LATEST DEVELOPMENTS IN FLEXIBLE DEBRIS FLOW MITIGATION AND EXAMPLES OF INTERNATIONAL PROJECTS

[1]Haidn M., [2]Gotz F.

[1]Trumer Schutzbauten GmbH, Austria
[2]RUD Barriertech GmbH, Germany

Since time immemorial the topographical and demographical conditions in the Austrian Alps have generated many catastrophic natural disasters. Events like debris flows, floods, rock fall and avalanches causing danger to almost 70 % of the national territory. The first recorded implementation of protective structures against debris flows were established in the 1850´s. Nowadays, we can benefit from this long history of torrent and debris flow engineering by having the analytical methods, technical tools and practical experiences of 130 years to implement them together with new technologies and materials. The results of this development are the flexible *DebrisCatcher* and *GullyNet* which have launched a new era in debris flow mitigation.

Key words: debris flow barrier, DebrisCatcher, protective structure, debris flow mitigation/

Introduction

Austria demands about 30 percent of the European Alps which is 65 percent of the counties territory and the largest mountainous area of all Alpine states. More than 50 percent of Austria's population lives within the Alps which is more than double of the Swiss who live in alpine regions for example. In addition to the population with permanent address more than 36 million tourists visit Austria and its mountain areas each year. These facts distinguish Austria as the alpine state number one in central Europe and at the same time it shows that this nation has to struggle with all negative consequences which a mountainous region brings with it more than every other country in Europe. The accurate position is that in any other region an industrialized country has to face the challenge to protect so many inhabitants and tourists by local natural disasters as debris flows, floods, rock fall and snow avalanches in that dimension as it is the case in Austria.

It is no wonder that the Austrian people had to do something about the problem even in past times. In the 1850´s the first organized construction of preventive measures against debris flows were installed high up in the mountains to protect the populated valley bottoms. In the year of 1879 the University of natural resources and life sciences in Vienna started with the first lecture on the issue of torrent and avalanche control and after a catastrophic flood in the year 1882 the empire established the first law and a public authority in charge of torrent and avalanche control in 1884. Until now the Austrian Engineers have experienced over 130 years of development and implementation of protective structures which created an enormous wealth of knowledge in this field.

Development of debris flow barriers

Austria is blessed with 12,239 watersheds which are able to produce a debris flow with the possibility to threaten settled areas or infrastructural facilities. In 2009 a number of almost 300 debris flows events where registered and analyzed afterwards. In order to ensure humans live, living environment and properties a roughly number of 51,500 crosswise structures, which includes all civil structures for hydraulic engineering in Mountain Rivers and torrents, are existent.

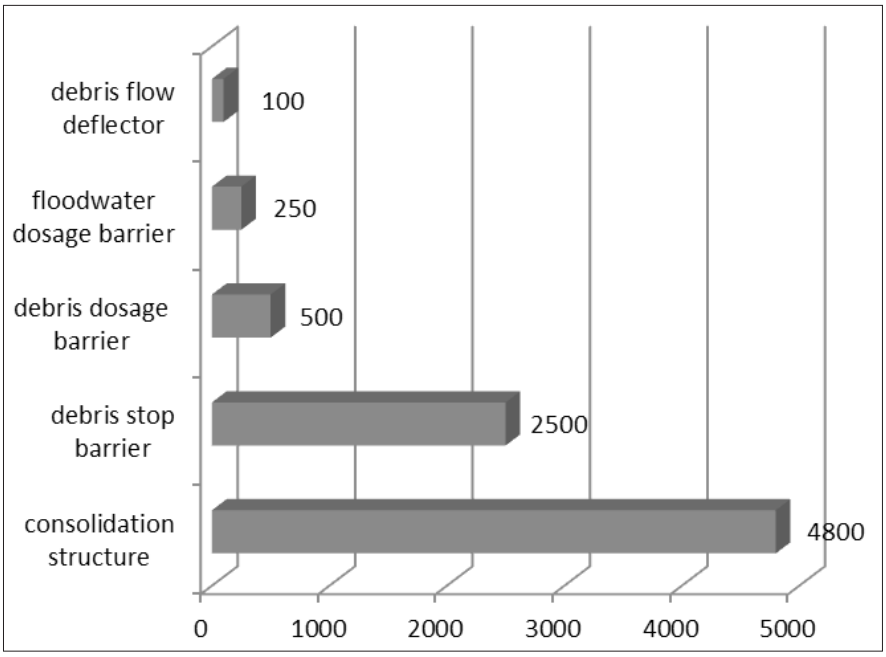


Figure 1. Type and estimated number of existing structures in Austria.

Over the decades a huge variety of different types of structures with special scopes of applications were developed and continuously improved. The aim was to develop different function types for consolidation, retention of water or retention of debris, dosage of debris, filtering of debris and woods and energy dissipation depending on the process itself which is particular for every debris flow. The first implemented structures were gravity walls made of timber caisson constructions with the main function of consolidation of torrent shoulders and minimization of debris mobilization. Those structures where followed by two dimensional solid walls made of reinforced concrete or stonework walls made of natural stone. Due to the fact the 60 percent of Austria's landscape is covered with forests the impingement of protective structures with deadwood and driftwood carried by debris flows always created problems with blockage and overflow of barriers. This fact led to the implementation of three dimensional concrete barriers equipped with a grate covered outflow section.

Recent developments have shown that watersheds which are capable to produce debris flows should be treated with a package of measures of sustainable solutions in order to ensure the reduction of debris mobilization and on the other hand to assure the permeability of a certain amount of debris to the underlying discharge system. In addition the topic of maintenance and clearance became more important as well as the costs and time of construction. In response to these demands, the advancements led to the implementation of functional structure chains by the principle of separating functions such as consolidation, energy dissipation and retention of debris and water. Furthermore, the design of self-emptying debris flow barriers was favored and more cost efficient and less environmental impacting solutions were required.

Seminal solutions for flexible debris flow mitigation

Based on the experiences of Austria´s history in debris flow engineering and focused on the demands of an ambitious market, the engineers of *Trumer Schutzbauten GmbH* have designed a new type of vector functional protective structure against debris flow processes. The *DebrisCatcher* uses a lambda-shaped post that has a hinged connection between the main beam and the brace, as well as to the two base plates fig. 2).

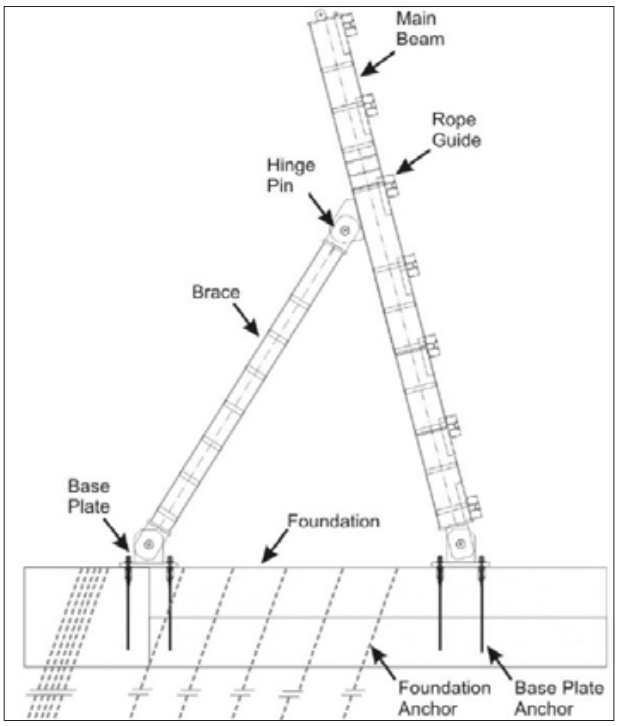


Figure 2. Post structure of the DebrisCatcher.

Several solid bar anchors secure each base plate to the foundations. Depending on the height of the structure multiple sets of bearing ropes are stretched across the unlimited width range at 1 m height intervals (fig.4). Individual ropes are fitted with one *AVT-phx* brake element, which is a steel coil that expands by plastic deformation when a force is applied. All components are galvanized, net strands and bearing ropes are Zn-Al galvanized at the highest class for maximum corrosion protection. The *Omega-Net* makes up the net structure. It is a woven net consisting of individual, wave like pre- bent strands of steel rope. The strands are 10.5 mm diameter spiral ropes that – although meeting at intersecting points – are not connected to each other. This yields an extremely strong and flexible net with an effective mesh size of 170 mm. The nets, ropes and brake elements incorporated in the design are similar to those found in the often used *Trumer Schutzbauten 5000 kJ* rockfall protection system.

Figure 3. Draw off from the front side of a DebrisCatcher in Canada.

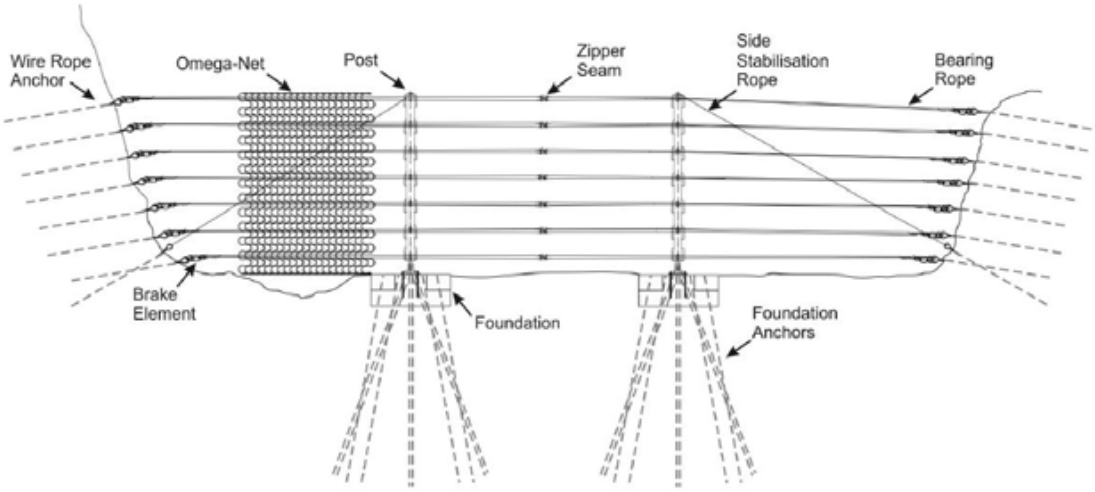


Figure 4. Front view showing placement of bearing ropes and foundation.

Advantages in contrast to other wire net barriers

- The net is made of steel ropes with high tensile strength and elastic behavior
- Break elements are only found at the extremity and not in the discharge section
- Lack of retaining ropes on the upstream deposition area
- Unlimited width range and heights up to 7.5m
- Multiple points for uninstalling and maintenance from the front side
- Highest class of galvanization with more than 200g/m² of coating

Approved monitoring and early warning

Unlike *Trumer Schutzbauten* rockfall fences which are tested at controlled test facilities by 1:1 scale tests, debris flows are difficult to create artificially and even more imprecise to simulate because of a lack on input data.

The *DebrisCatcher* is capable to a continuous monitoring system for rope forces or brake element activation and an additional early warning service which has already been implemented in Austria and Canada.

References

1. A. Bichler, D. Yonin, G. Stelzer. Flexible Debris flow Mitigation: Introductioning the 5.5 Mile Debris Fence, Technical Report.
2. EURAC/Agralp, Nationale Alpenkonventionsgebiete, www.eurac.edu, retrieved on 24.06.2014.
3. J. Hübl, M. Chiari, A. Kogelnig, C. Scheidl, (2009): Die Wildbachereignisse im Sommer 2009 Ereignisdokumentation (ERDOK09); IAN Report 133, Institute of Mountain Risk Engineering, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna.
4. Statistic Austria, Tourism, retrieved on 24.06.2014.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....7

Раздел I
СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: ГЛОБАЛЬНЫЙ И РЕГИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ.....9
Бойнагрян В.Р., Бойнагрян А.В., Манукян Н.В. **СЕЛЕВАЯ АКТИВНОСТЬ В АРМЕНИИ**.....10
Висхаджиева К.С., Черноморец С.С. **ОЦЕНКА СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ В ЮГО-ВОСТОЧНОМ ТИБЕТЕ (КИТАЙ) НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА РЕКИ ПАРЛУН ЦАНГПО**.....14
Генсиоровский Ю.В., Ухова Н.Н., Казаков Н.А., Рященко Т.Г. **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ГОРНЫХ РАЙОНАХ РОССИИ**.....19
Ефремов Ю.В. **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЕЛЕВОГО МОРФОЛИТОГЕНЕЗА НА ЗАПАДНОМ КАВКАЗЕ**...23
Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В, Окопный В.И., Боброва Д.А., Казакова Е.Н., Рыбальченко С.В. **УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СВЯЗНЫХ СЕЛЕЙ ПРИ СЛАБЫХ ОСАДКАХ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В СЕЛЕВОМ ПОТОКЕ**.....27
Казаков Н.А., Степнова Ю.А., Музыченко А.А. **ГРЯЗЕКАМЕННЫЕ СЕЛИ АНИВСКОГО ГРАНИТНОГО КОМПЛЕКСА НА ТОНИНО-АНИВСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ О. САХАЛИН**.....33
Кононова Н.К. **ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРА ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ – ОСНОВНАЯ ПРИЧИНА АКТИВИЗАЦИИ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ**.....37
Лехатинов А.М. К **МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ АКТИВНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ СЕЛЕЙ ГОРНО-ТАЕЖНЫХ ОБЛАСТЕЙ**.....43
Мальнева И.В., Кононова Н.К., Крестин Б.М. **АКТИВНОСТЬ СЕЛЕЙ НА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ В ПЕРИОД СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА**.....48
Рыбальченко С.В., Верховов К.В. **ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ СЕЛЕВЫХ БАССЕЙНОВ НА СКЛОНАХ МОРСКИХ ТЕРРАС Г. МАГАДАН**.....52
Рыбальченко С.В., Генсиоровский Ю.В. **УВЛАЖНЕНИЕ ГРУНТОВ ПОТЕНЦИАЛЬНО СЕЛЕВЫХ МАССИВОВ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД НА ЗАПАДНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ ЮЖНОГО САХАЛИНА**.....57
Снгрян Э.Э., Авакян А.А., Степанян В.Э. **ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ, ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕКИЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ СЕЛЕПРОЯВЛЕНИЯ В АРМЕНИИ**.....61

Раздел II
СЕЛЕВЫЕ КАТАСТРОФЫ ПОСЛЕДНИХ ЛЕТ.....75
Казакова Е.Н. **УЩЕРБЫ ОТ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ НА О. САХАЛИН**.....75
Лапердин В.К., Качура Р.А. **ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ НАСТУПЛЕНИЯ СЕЛЕВОЙ КАТАСТРОФЫ В ЮЖНОМ ПРИБАЙКАЛЬЕ**.....78
Лехатинов А.М., Лехатинова Э.Б. **СЕЛЕВАЯ ОПАСНОСТЬ ТЕРРИТОРИИ АВТОТУРИСТИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА «ТУНКИНСКАЯ ДОЛИНА»**.....82
Макаров С.А., Черкашина А.А. **КАТАСТРОФИЧЕСКИЕ СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ В ПОСЕЛКЕ АРШАН ТУНКИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ, 28 ИЮНЯ 2014 г.**.....88

Раздел III
РИСКИ ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗА СЕЛЕЙ.....92
Андреев Ю.Б. **ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ СЕЛЕПРОЯВЛЕНИЙ ВЫСОКОГОРНЫХ ЛИВНЕВЫХ СЕЛЕЙ ПРИЭЛЬБРУСЬЯ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИИ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА**.....93
Бабурин В.Л., Гаврилова С.А., Грязнова В.В., Шныпарков А.Л. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛНОГО И УДЕЛЬНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РИСКА СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ**.....97
Бабурин В.Л., Гаврилова С.А., Селиверстов Ю.Г., Сократов С.А., Шныпарков А.Л. **ЭКОНОМИЧЕСКИЙ И СОЦИАЛЬНЫЙ СЕЛЕВОЙ РИСК НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ КАВКАЗА**.....101
Двигало В.Н., Свирид И.Ю., Шевченко А.В., Жарков Р.В. **МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗ СЕЛЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В КАМЧАТСКОЙ ДОЛИНЕ ГЕЙЗЕРОВ НА ОСНОВЕ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**.....105
Зеркаль О.В. **МЕТОДИКА КАРТИРОВАНИЯ СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ И РЕГИОНАЛЬНОЙ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ГЕОРИСКА (НА ПРИМЕРЕ СРЕДНЕЙ ЧАСТИ ДОЛИНЫ Р. ЯХСУ (ТАДЖИКИСТАН))**.....109
Музыченко А.А., Казакова Е.Н. **УЩЕРБЫ ОТ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ ДЛЯ МАЛЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ О. САХАЛИН И РАСЧЕТ СЕЛЕВОГО РИСКА**.....113

Раздел IV
ICE-WATER-ROCK FLOWS AND LAHARS.....126
Генсиоровский Ю.В., Боброва Д.А., Жируев С.П. **ВОДОСНЕЖНЫЕ ПОТОКИ НА ЮГЕ О. САХАЛИН**.....127
Лукашов А.А., Сейнова И.Б., Черноморец С.С. **ТЕРМОКАРСТ НА ОТЛОЖЕНИЯХ ЛАХАРОВ ВУЛКАНОВ ШИВЕЛУЧ И КЛЮЧЕВСКОЙ (КАМЧАТКА)**.....132
Постоев Г.П. **ОБ ОПОЛЗНЕВОЙ И СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТЯХ НА ВУЛКАНАХ**.....137
Сейнова И.Б., Черноморец С.С., Демянчук Ю.В. **СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ НА ВУЛКАНЕ ШИВЕЛУЧ: ЭНДОГЕННЫЙ МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ЛАХАРОВ НА АНДЕЗИТОВЫХ ВУЛКАНАХ**.....141

Раздел V
МЕХАНИКА СЕЛЕЙ, ЧИСЛЕННОЕ И ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.....145
Казаков Н.А. **ЭВОЛЮЦИЯ СЕЛЕВОЙ ГЕОСИСТЕМЫ КАК ПРОЦЕСС САМООРГАНИЗАЦИИ УПОРЯДОЧЕННЫХ СТРУКТУР**.....146
Расцветаева Р.К., Аксенов С.М. **СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ ГРУППЫ ПАЛЫГОРСКИТА-СЕПИОЛИТА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ СВЯЗНЫХ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ**.....151
Сейнова И.Б., Казаков Н.А. **К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОБЪЁМА СЕЛЯ**.....154
Трифонова Т.А., Тюленев Н.Ю., Трифонов Д.В., Аракелян М.М., Аракелян С.М. **КАТАСТРОФИЧЕСКИЕ НАВОДНЕНИЯ И СЕЛИ: МЕХАНИЗМЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТРИГГЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ И ДИНАМИКА ИХ РАЗВИТИЯ В РЕЧНОМ ВОДОСБОРНОМ БАССЕЙНЕ (АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СОБЫТИЯ В г. КРЫМСК 06-07 ИЮЛЯ 2012 г.)**.....158
Черноус П.А., Мокров Е.Г., Тяпкина О.Ю. **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОДОСНЕЖНЫХ ПОТОКОВ В ХИБИНАХ. ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ**.....163
Четырбоцкий А.Н., Четырбоцкий В.А. **САМООРГАНИЗОВАННАЯ КРИТИЧНОСТЬ В 2D РЕШЕТЧАТОЙ МОДЕЛИ СЕЛЕВОГО ПОТОКА**.....167

Раздел VI
СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ СЕЛЕЙ И МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА.....173
Верховов К.В., Рыбальченко С.В. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ОПОЛЗНЕВЫЕ И СЕЛЕВЫЕ МАССИВЫ МЕТОДОМ ПСЕВДОСТАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА НА ПРИМЕРЕ Г. МАГАДАН**.....174
Ефремов Ю.В. **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОТ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ**.....178
Ковалёва Я.В., Кудрявцев С.А. **СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СХОДА СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ НА ОБЪЕКТЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ РОССИИ**.....182
Лобкина В.А. **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМАТОВ В ЗАКРЕПЛЕНИИ СКЛОНОВ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА (НА ПРИМЕРЕ О. САХАЛИН)**.....185

Раздел VII
ОСОБЕННОСТИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СВЯЗИ С СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТЬЮ.....201
Казаков Н.А. **ТЕХНОГЕННЫЕ СЕЛИ В КРАСНОЙ ПОЛЯНЕ**.....202
Караваев В.А., Воскова А.В. **ОПАСНЫЕ ЭКЗОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В БАССЕЙНЕ ЧЕРЕКА БАЛКАРСКОГО В 2009-13 ГОДАХ**.....206
Лукашов А.А., Смоктунович Т.Л. **«ПОМПЕИ ВОСТОКА» - Г. ДЖЕРАШ – НАСЛЕДИЕ СЕЙСМОГЕННОЙ СЕЛЕВО-ОПОЛЗНЕВОЙ КАТАСТРОФЫ VIII ВЕКА Н. Э.**.....211
Петрушина М.Н., Бударина О.И. **СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ XXI ВЕКА В БАССЕЙНЕ Р. ТЕБЕРДА (ЗАПАДНЫЙ КАВКАЗ) И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЛАНДШАФТЫ**.....216
Пирмамадов У.Р. **РЕЗУЛЬТАТЫ АЭРОВИЗУАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И МОНИТОРИНГ ОТДАЛЕННЫХ ГЕОУГРОЗ НА ТЕРРИТОРИИ ТАДЖИКИСТАНА**.....220
Федотов А.П., Хачатрян Д.А., Цыбульский Д.А., Хачатрян В.Д. **ЧЕЛОВЕЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И УЩЕРБ ОТ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ**.....225

Шафиев Г.В. **МОДЕЛЬ СЦЕНАРИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗОНЫ ЗАТОПЛЕНИЯ ДОЛИНЫ р. ШОХДАРЫ В СЛУЧАЕ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ПРОРЫВА оз. ДУРУМКУЛ И ОПЫТ ПРОВЕДЕННЫХ РАБОТ МЕЖДУНАРОДНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ «ФОКУС» ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА**.....230

Раздел VIII
ГОРНАЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ.....236
Виноградов Ю.Б, Виноградова Т.А., Пряхина Г.В. **МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛЕВОЙ ГИДРОЛОГИИ**.....237
Виноградов А.Ю., Никифоровский А.А. **К ВОПРОСУ О ПРИМЕНИМОСТИ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В РАСЧЕТАХ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА МАЛЫХ РЕК**.....242
Генсиоровский Ю.В., Казаков Н.А., Жируев С.П., Павлов В.С. **ВЛИЯНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА МАССОВОЕ СЕЛЕОБРАЗОВАНИЕ В ГОРНЫХ РАЙОНАХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ**.....247

Раздел IX
ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В СЕЛЕОПАСНЫХ РЕГИОНАХ.....250
Хачатрян Д.А., Федотов А.П., Хачатрян В.Д. **ОПЫТ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ В СЕЛЕОПАСНЫХ РАЙОНАХ АРМЕНИИ**.....251
Haidn M., Gotz F. **КРАТКИЙ ОБЗОР ИСТОРИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОТИВООБВАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ В АВСТРИЙСКИХ АЛЬПАХ С 1850 ГОДА С АКЦЕНТОМ НА НОВЕЙШИХ ДОСТИЖЕНИЯХ В ОБЛАСТИ ГИБКИХ СИСТЕМ СДЕРЖИВАНИЯ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ И ПРИМЕРАМИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ПРОЕКТОВ**.....255
СПИСОК АВТОРОВ.....268

CONTENTS

PREFACE.....8

Part I

DEBRIS FLOWS: A GLOBAL AND REGIONAL ANALYSIS.....9

Boynagryan V.R., Boynagryan A.V., Manukyan N.V. **DEBRIS FLOW ACTIVITY IN ARMENIA**.....10

Viskhadzhieva K.S., Chernomorets S.S. **DEBRIS FLOW HAZARD ASSESMENT OF SOUTH-EAST TIBET (CHINA): A CASE A STUDY OF PARLUNG TSANGPO DRAINAGE BASIN**.....14

Gensiorovskiy Y.V., Ukhova N.N., Kazakov N.A., Ryaschenko T.G. **PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES DEBRIS FLOW DEPOSITS OF VARIOUS MOUNTAIN REGIONS OF RUSSIA**.....19

Efremov Yu.V. **THEORETICAL BASES OF MUDFLOW MORPHOLITOGENESIS ON THE WESTERN CAUCASUS**...23

Kazakov N.A., Gensiorovskiy Yu.V., Okopniy V.I., Bobrova D.A., Kazakova E.N, Rybalchenko S.V. **CONDITIONS OF FORMATION OF COHESIVE DEBRIS-FLOWS IN LOW PRECIPITATION AND THE DISTRIBUTION OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS IN DEBRIS-FLOWS THREAD**.....27

Kazakov N.A., Stepnova Yu.A., Muzychenko A.A. **DEBRIS-FLOWS OF ANIVA GRANITE COMPLEX ON TONINO-ANIVSKIY PENINSULA ON SAKHALIN ISLAND**.....33

Kononova N.K. **ATMOSPHERIC CIRCULATION CHANGES AS THE MAIN CAUSE OF MUDFLOW ACTIVITY**.....37

Lekhatinov A.M. **TO STUDY THE ACTIVITY OF MUDFLOWS IN MOUNTAINOUS TAIGA AREAS**.....43

Malneva I.V., Kononova N.K., Krestin B.M. **MUDFLOW ACTIVITY ON THE KURIL ISLANDS DURING THE PERIOD OF MODERN CLIMATE CHANGES**.....48

Rybalchenko S.V., Verkhovov K.V. **STAGES OF FORMATION OF MUDFLOW BASINS ON THE SLOPES OF MARINE TERRACES MAGADAN**.....52

Rybalchenko S.V., Gensiorovskiy Yu.V. **GROUND MOISTENING POTENTIALLY MUDFLOW ARRAYS IN THE SPRING ON THE WEST COAST OF SOUTHERN SAKHALIN**.....57

Sngryan E.E., Avakyan A.A., Stepanyan V.E. **GEOMORPHOLOGICAL, GIDROMETEOROLOGICAL AND ANTROPOGENIC FACTORS OF MUDFLOWS IN ARMENIA**.....61

Chou H.T., Lee C.F., Huang C.H., Yang S.L. **THE MONITORING AND FLOW DYNAMICS OF GRAVELLY DEBRIS FLOWS**.....65

Genevois R., Tecca P.R. **DEBRIS FLOW HAZARD EVALUATION AND MITIGATION MEASURES IN CORTINA D'AMPEZZO (NORTH-EASTERN ITALY)**.....69

Part II

DEBRIS DISASTERS OF RECENT YEARS.....75

Kazakova E.N. **THE DAMAGE FROM DEBRIS FLOWS ON SAKHALIN ISLAND**.....75

Laperdin V.R., Kachura R.A. **PROGNOSTIC BACKGROUND OCCURRENCE OF DEBRIS FLOW DISASTER IN THE SOUTHERN BAIKAL**.....78

Lekhatinov A.M., Lekhatinova E.B. **MUDFLOW DANGER TERRITORY OF AUTOTOURIST CLUSTER «TUNKUNSKAYA VALLEY»**.....82

Part III

RISK ASSESSMENT AND DEBRIS FLOW FORECAST.....92

Andreev Yu.B. **INTENSITY ASSESSMENT OF HIGH MOUNTAIN RAINSTORM DEBRIS-FLOW PHENOMENA IN ELBRUS VICINITY ON THE BASIS OF THE SHORT-TERM FORECAST FUNCTION**.....93

Baburin V.L., Gavrilova S.A., Grayznova V.V., Shnyparkov A.L. **DETERMINATION OF FULL AND SPECIFIC ECONOMIC DEBRIS FLOWS RISK IN THE NORTH CAUCASUS**.....97

Baburin V.L., Gavrilova S.A., Seliverstov Yu.G., Sokratov S.A., Shnyparkov A.L. **ECONOMIC AND SOCIAL DEBRIS FLOWS RISK AT THE BLACK SEA COASTAL REGION OF THE CAUCASUS**.....101

Dvigalo V.N., Svirid I.Yu, Shevchenko A.V., Jarkov R.V. **MUD FLOWS IN THE KAMCHATKAN VALLEY OF GEYSERS: MONITORING AND PREDICTION BASED ON PHOTOGRAMMETRIC RESEARCH**.....105

Zerkal O.V. **PROCEDURE OF DEBRIS FLOW HAZARDS MAPPING AND REGIONAL QUANTITATIVE GEO-RISK ASSESSMENT (ON AN EXAMPLE OF MIDDLE PART OF THE VALLEY OF JAKHSU RIVER (TAJIKISTAN))**.....109

Muzychenko A.A., Kazakova E.N. **THE DAMAGE FROM DEBRIS FLOWS TO WATER RESERVOIRS OF SAKHALIN ISLAND AND DEBRIS FLOW RISK CALCULATION**.....113

Fuchs S., Keiler M., Zischg A. A **REGIONAL ANALYSIS OF ELEMENTS AT RISK EXPOSED TO MOUNTAIN HAZARDS IN THE EASTERN EUROPEAN ALPS**.....118

Utasse M., Jomelli V., Leone F. **ROAD VULNERABILITY PRONE TO DEBRIS FLOWS IN THE FRENCH ALPS**.....122

Part IV

ICE-WATER-ROCK FLOWS AND LAHARS.....126

Gensiorovskiy Yu.V., Bobrova D.A., Zhiruev S.P. **SLUSHFLOW IN THE SOUTH OF SAKHALIN ISLAND**.....127

Lukashov A.A., Seinova I.B., Chernomorets S.S. **THERMOKARST ON THE LAHAR SEDIMENTS OF SHIVELUCH AND KLUCHEVSKOY VOLCANOS (KAMCHATKA)**.....132

Postoev G.P. **ABOUT LANDSLIDE AND DEBRIS FLOW HAZARDS ON VOLCANOES**.....137

Seynova I.B., Chernomorets S.S., Demyanchuk Y.V. **DEBRIS FLOWS ON SHIVELUCH VOLCANO: ENDOGENIC MECHANISM OF LAHAR FORMATION ON ANDESITE VOLCANOES**.....141

Part V

DYNAMIC ANALYSIS OF DEBRIS FLOWS.....145

Kazakov N.A. **EVOLUTION OF THE DEBRIS-FLOW GEOSYSTEM AS PROCESS OF SELF-ORGANIZATION OF THE ORDERED STRUCTURES**.....146

Rastsvetaeva R.K., Aksenov S.M. **STRUCTURAL FEATURES OF CLAY PALIGORSKITE-SEPIOLITE GROUP MINERALS AND THEIR INFLUENCE ON THE FORMATION OF COHERENT DEBRIS FLOWS**.....151

Seynova I.B., Kazakov N.A. **TO THE QUESTION ON DEFINITION OF DEBRIS-FLOW VOLUME**.....154

Trifonova T.A., Tulenev N.U., Trifonov D.V., Arakelian S.M., Arakelian M.M. **CATASTROPHIC FLOODS AND DEBRIS: TRIGGER PROCESSES AND MANIFESTATION IN DYNAMICS FOR A RIVER BASIN (ANALYSIS AND MODELING FOR A KRIMSK EVENT ON JULY 06-07, 2012)**.....158

Chernous P.A., Mokrov E.G., Tiapkina O.Y. **SLUSHFLOW FORCASTING IN THE KHIBINY MOUNTAINS. EXPERIENCE AND PERSPECTIVES**.....163

Chetyrbotsky A.N., Chetyrbotsky V.A. **SELF-ORGANIZED CRITICALITY IN 2D LATTICE MODEL DEBRIS FLOW**...167

Scotton P., Dallavalle D., Vescovo D., Genevois R. **THREE-DIMENSIONAL DYNAMIC TOPOGRAPHIC SURVEY OF GRANULAR FLOWS USING PHOTOGRAMMETRIC TECHNIQUES**.....169

Part VI

WAYS TO PROTECT AGAINST FLOODS AND CALCULATION METHODSFOR THE DESIGN AND CONS TRUCTION.....173

Verkhovov K.V., Rybalchenko S.V. **THE DEFINITION OF SEISMIC IMPACTS ON POTENTIAL LANDSLIDE AND MUDFLOW ARRAYS OF THE METHOD OF ANALYSIS PSEUDOSTATICAL ON THE EXAMPLE MAGADAN**.....174

Efremov Yu. V. **ANALYSIS OF EFFICIENCY OF ACTIONS FOR PROTECTION OF INFRASTRUCTURE AGAINST MUDFLOWS**.....178

Kovaleva Y.V., Kudriavtcev S.A. **MONITORING SYSTEMS WARNING DESCENT OF MUDFLOWS ON OBJECTS INFRASTRUCTURE RUSSIA RAILWAYS**.....182

Lobkina V.A. **USING BIOMATS IN FIXING SLOPES ON THE NORTH (ILLUSTRATED SAKHALIN ISLAND)**.....185

Wang Xiuli, Lv Zhigang, Li Junjie. **DYNAMIC RESPONSE ANALYSIS ON DEBRIS FLOW DAM INSTALL SPRING LATTICE UNDER IMPACT FORCE**.....189-

Zhu Yan-peng, Li Jing-bang, Long Zhao. **RESEARCH OF THE REINFORCEMENT DESIGN FOR HIGH INSTABILITY SLOPE**.....194

Part VII

LAND USE, ENVIRONMENTAL MANAGEMENT AND DEBRIS FLOWS.....201

Kazakov N.A. **TECHNOGENIC DEBRIS-FLOW ON THE TERRITORY OF KRASNAYA POLYANA**.....202

Karavaev V.A., Voskova A.V. **DANGEROUS EXOGENIC PROCCESES IN CHEREK BALKARSKY BASIN IN 2009-13**..206

Lukashov A.A., Smoktunovich T.L. **"POMPEI OF THE EAST" – JAYRASH CITY – THE HERITAGE OF SEISMOGENIC MUDFLOW-LANDSLIDE CATASTROPHE IN VIII CENTURY A.D.**.....211

Petrushina M.N., Budarina O.I. **DEBRIS FLOWS OF THE XXI CENTURY IN THE TEBERDA RIVER BASIN (WESTERN CAUCASUS) AND THEIR IMPACT ON LANDSCAPES**.....216

Pirmamadov U.R. **AERIAL MONITORING OF REMOTE GEO-HAZARDS IN TAJIKISTAN AREA**.....220

Fedotov A.P., Khchatryan D.A., Tcibulskiy D.A., Khachatryan V.D. **HUMAN ACTIVITY AND DAMAGE FROM DEBRIS FLOWS**.....225

Shafiev G.V. **AN IMPACT MODEL FROM THE POSSIBLE OUTBURST OF THE HIGH ALTITUDE LAKE DURUNKUL ACCORDING TO THE MAXIMAL RISK SCENARIO AND WORK EXPERIENCE OF THE FOCUS HUMANITARIAN ASSISTANCE**.....230

Part VIII

MOUNTAIN HYDROMETEOROLOGY.....236

Vinogradov Y.B., Vinogradova T.A., Priakchina G.V. **METHODOLOGICAL ASPECTS OF FIELD HYDROLOGY**...237

Vinogradov A.Yu., Nikiforovskiy A.A. **ON THE APPLICABILITY OF STATISTICAL METHODS IN THE CALCULATION OF MAXIMUM FLOW OF SMALL RIVERS**.....242

Gensiorovskiy Y.V., Kazakov N.A., Zhiruev S.P., Pavlov V.S. **INFLUENCE HYDROMETEOROLOGICAL FACTORS ON THE MASS DEBRIS-FLOW IN MOUNTAIN REGIONS OF EASTERN SIBERIA**.....247

Part IX

DEBRIS FLOW ENGINEERING: DESIGN OF PROTECTIVE MEASURES.....250

Khchatryan D.A., Fedotov A.P., Khachatryan V.D. **EXPERIENCE OF ENGINEERING SURVEY IN MUDFLOW DANGER AREAS OF ARMENIA**.....251

Haidn M., Gotz F. **SYNOPSIS OF THE HISTORICAL DEVELOPMENT OF TORRENT ENGINEERING IN THE AUSTRIAN ALPS SINCE THE 1850S WITH EMPHASIS ON THE LATEST DEVELOPMENTS IN FLEXIBLE DEBRIS FLOW MITIGATION AND EXAMPLES OF INTERNATIONAL PROJECTS**.....255

LIST OF AUTHORS.....268

СПИСОК АВТОРОВ / LIST OF AUTHORS

ФИО / Name	Электронный адрес / E-mail	Стр. / Page
Авакян А.А. ***Avakin A.A.***		61
Аксенов С.М. ***Aksenov S.M.***	aks.crys@gmail.com	151
Андреев Ю.Б. ***Andreev Yu.B.***	ayura2@rambler.ru	93
Аракелян М.М. ***Arakelian M.M.***	marakelyan@ysu.am	158
Аракелян С.М. ***Arakelian S.M.***	arak@vlsu.ru	158
Бабурин В.Л. ***Baburin V.L.***		97, 101
Боброва Д.А. ***Bobrova D.A.***	bobrovada@fegi.ru	27, 127
Бойнагрян А.В. ***Boynagryan A.V.***		10
Бойнагрян В.Р. ***Boynagryan V.R.***	vboynagryan@ysy.am	10
Бударина О.И. ***Budarina O.I.***		216
Верховов К.В. ***Verhovov K.V.***	Konstantin_verhovov@mai.ru	156, 174
Виноградов А.Ю. ***Vinogradov A.Yu.***	gtp012007@yandex.ru	236
Виноградов Ю.Б. ***Vinogradov Yu.B.***		237
Виноградова Т.А. ***Vinogradova T.A.***	vinograd1950@mail.ru	237
Висхаджиева К.С. ***Viskhadzhieva K.S.***	vishadgieva_k@mail.ru	14
Воскова А.В. ***Voskova A.V.***		202
Гаврилова С.А. ***Gavrilova S.A.***	soniqq@yandex.ru	97, 101
Генсиоровский Ю.В. ***Gensiorovskiy Yu.V.***	gensiorovskiy@mail.ru	19, 27, 57, 127, 247
Грязнова В.В. ***Grayznova V.V.***	vgryaznova@mail.ru	93
Двигало В.Н. ***Dvigalo V.N.***	dvig@kscnet.ru	105
Демянчук Ю.В. ***Demyanchuk Y.V.***	demyanchuk.yu@yandex.ru	141
Ефремов Ю.В. ***Efremov Yu.V.***	efremov_kubsu@mail.ru	23, 178
Жарков Р.В. ***Jarkov R.V.***	raf@imgg.ru	105
Жируев С.П. ***Zhiruev S.P.***	jiruevsp@fegi.ru	127, 247

Зеркаль О.В. ***Zerkal O.V.***	igzov@mail.ru	109
Казаков Н.А. ***Kazakov N.A.***	kazakovna@fegi.ru	19, 27, 33, 146, 154, 202, 247
Казакова Е.Н. ***Kazakova E.N.***	kazakovaen@fegi.ru	27, 75, 113
Караваев В.А. ***Karavaev V.A.***	vadkaravaev@rambler.ru	206
Качура Р.А. ***Kachura R.A.***	vostsibtisiz@gmail.com.	78
Ковалева Я.В. ***Kovaleva Ya.V.***	Ynay@inbox.ru	82
Кононова Н.К. ***Kononova N.K.***	NinaKononova@yandex.ru	37, 48
Крестин Б.М. ***Krestin B.M.***	vsegingeo@rambler.ru	48
Кудрявцев С.А. ***Kudryavtsev S.A.***		182
Лапердин В.К. ***Laperdin V.K.***	Laperdin@crust.irk.ru	78
Лехатинов А.М. ***Lekhatinov A.M.***	lexam29@mail.ru	43, 86
Лехатинова Э.Б. ***Lekhatinova E.B.***		86
Лобкина В.А. ***Lobkina V.A.***	valentina-lobkina@rambler.ru	185
Лукашов А.А. ***Lukashov A.A.***	smoluk@yandex.ru	132, 211
Мальнева И.В. ***Malneva I.V.***	irmaln@rambler.ru	48
Манукян Н.В. ***Manukyan N.V.***		10
Мокров Е.Г. ***Mokrov E.G.***	snowaval@yahoo.com	163
Музыченко А.А. ***Muzychenko A.A.***	Nestra1@yandex.ru	33, 113
Окопный В.И. ***Okopniy V.I.***		27
Некифоровский А.А. ***Nikiforovskiy A.A.***		242
Павлов В.С. ***Pavlov V.S.***	Nightfox27@mail.ru	247
Петрушина М.Н. ***Petrushina M.N.***	mnpetrushina@mail.ru	216
Пирмамадов У.Р. ***Pirmamadov U.R.***	ubaidullo.pirmamadov@ focushumanitarian.org	220
Постоев Г.П. ***Postoev G.P.***	opolzen@geoenv.ru	137
Пряхина Г.В. ***Pryakhina G.V.***	g65@mail.ru	237

Расцветаева Р.К. ***Rastsvetaeva R.K.***	rast@ns.crys.ras.ru	151
Рыбальченко С.В. ***Rybalchenko S.V.***	rybalchenko_sv@mail.ru	27, 52, 57, 174
Рященко Т.Г. ***Ryaschenko T.G.***	ryashenk@crust.irk.ru	19
Свирид И.Ю. ***Svirid I.Yu.***	i.yu.svirid@gmail.com	105
Сейнова И.Б. ***Seynova I.B.***	seynova@gmail.com	132, 141, 154
Селиверстов Ю.Г. ***Seliverstov Yu.G.***	yus5@yandex.ru	97
Смоктунович Т.Л. ***Smoktunovich T.L.***	smoluk@yandex.ru	211
Снгрян Э.Э. ***Sngryan E.E.***	sngryan@mail.ru	61
Сократов С.А. ***Sokratov S.A.***	sergey@mac.com	101
Степанян В.Э. ***Stepanyan V.E.***	emainter@ema.am	61
Степнова Ю.А. ***Stepnova Y.A.***	stepnova@fegi.ru	33
Трифонов Д.В. ***Trifonov D.V.***	matthew_sp@mail.ru	158
Трифонова Т.А. ***Trifonova T.A.***	tatrifon@mail.ru	158
Тюленев Н.Ю. ***Tulenev N.Yu.***	n1tulenev@gmail.com	158
Тяпкина О.Ю. ***Tyapkina O.U.***	otyapkina@apatit.com	163
Ухова Н.Н. ***Ukhova N.N.***	nat_ukhova@crust.irk.ru	19
Федотов А.П. ***Fedotov A.P.***		225, 251
Хачатрян В.Д. ***Khchatryan V.D.***		225, 251
Хачатрян Д.А. ***Khchatryan D.A.***	dkhach2002@yahoo.com.ar	225, 251
Цыбульский Д.А. ***Tsybul’skij D.A.***		225
Черноморец С.С. ***Chernomorets S.S.***	devdorak@gmail.com	14, 132, 141
Черноус П.А. ***Chernous P.A.***	pchernous48@gmail.com	163
Четырбоцкий А.Н. ***Chetyrbotsky A.N.***	chetyrbotsky@yandex.ru	167
Четырбоцкий В.А. ***Chetyrbotsky V.A.***	vel4232@gmail.com	164
Шевченко А.В. ***Shevchenko A.V.***		105

Шныпарков А.Л. ***Shnuyparkov A.L.***	malyn2006@yandex.ru	97, 101
Chou Hsien-Ter	profhtchou@gmail.com	65
Dallavalle D.		169
Fuchs S.	sven.fuchs@boku.ac.at	168
Genevois R.	rinaldo.genevois@unipd.it	69, 169
Goetz F.	friedrich.goetz@rud.com	255, 260
Haidn M.		255, 260
Huang Tse-Hsung		65
Jomelli V.	Vincent.JOMELLI@lgp.cnrs.fr	122
Keiler M.		118
Leone F.		122
Lee Ching-Fang		65
Li Jing-bang		194
Li Junjie		189
Lv Zhigang		189
Scotton P.	paolo.scotton@unipd.it	169
Shian Ling Yang		65
Tecca P.R.	pia.tecca@irpi.cnr.it	69
Utasse M.		122
Vescovo D.		169
Wang Xiuli	wangxl9104@126.com	189
Zhao Long		194
Zhu Yanpeng	zhuyp1@163.com	194
Zischg A.		118

Научное издание

III Международная конференция «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита» Сборник трудов

III International Conference «Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection» Proceedings

Ответственный редактор
Казаков Николай Александрович

Редактор английского текста Казакова Е.Н.
Редактор электронной верстки Лобкина В.А.
Дизайн обложки Музыченко А.А.

Подписано в печать 14.09.2014 г.
Усл. печ. лист. 30,5. Усл. изд. лист. 36.
Формат 60x84/8. Бумага «Color copy»
Тираж 120 экз. Заказ №7760
Печать офсетная.

ФГБУН Институт морской геологии и геофизики
Дальневосточного отделения
Российской академии наук
693022, г. Южно-Сахалинск. ул. Науки, 1Б. Офсетный цех.