

**III Международный симпозиум
«Физика, химия и механика снега»
Сборник трудов
Часть II.**



**Proceedings of the
III International Symposium on
“Physics, Chemistry and Mechanics of Snow”
Part II.**

**FEDERAL AGENCY OF SCIENTIFIC ORGANIZATIONS
FEDERAL STATE-FUNDED INSTITUTION OF SCIENCE
FAR EAST GEOLOGICAL INSTITUTE
FAR EASTERN BRANCH OF RUSSIAN ACADEMY OF
SCIENCE**

**Proceedings of the
III International Symposium on
«Physics, Chemistry and Mechanics of Snow»
Part II.**

Yuzno-Sakhalinsk, Russia,
2017

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**Сборник трудов
III Международного симпозиума
«Физика, химия и механика снега»
Часть II.**

Южно-Сахалинск, Россия,
2017

УДК: 551.321+551.322+551.578+551.579+543.2+556.124
ББК: 26.222.8
ISBN: 978-5-904521-16-5

III Международный симпозиум «Физика, химия и механика снега»: сборник докладов, Часть II, Южно-Сахалинск, 2-6 октября 2017 г. / Отв. редактор Н.А. Казаков - Южно-Сахалинск, Сахалинский филиал ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН. - 158 с.

В сборнике представлены доклады III Международного научного симпозиума «Физика, химия и механика снега», проходившего 2-6 октября 2017 г. в г. Южно-Сахалинске. Доклады симпозиума посвящены рассмотрению фундаментальных аспектов исследования физических, химических и механических свойств снежного покрова, оценке современного уровня фундаментальных знаний о снеге, снежном покрове и лавинах, перспективам исследования их фундаментальных свойств, а также прикладным вопросам проектирования сооружений в снежных регионах.

Ответственные редакторы: к.г.-м.н. Н.А. Казаков, проф. К. де Йон,
Редакционная коллегия: к.г.н. Е.Н. Казакова, к.г.н. В.А. Лобкина, А.А. Музыченко
Рецензенты: проф., д.г.н. Э.Г. Коломыц; к.г.н. П.А. Черноус

Печать ИП Хан Наталья Викторовна (полиграфическая компания «Кано»)
ОГРН 309650109000031, г. Южно-Сахалинск, ул. Адмирала Макарова, 27, оф. 7,
Тел. (4242) 43-81-57, тираж 120 экз. 2017 год

Proceedings of the III International Symposium on "Physics, Chemistry and Mechanics of Snow" Part II, Yuzhno-Sakhalinsk, 2nd - 6th October, 2017 / Editor-in-chief Kazakov N.A.- Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, Sakhalin Department of Far East Geological Institute FEB RAS. - 158 p.

The proceedings present the outcome of the III International Symposium on "Physics, Chemistry and Mechanics of Snow", which took place in Yuzhno-Sakhalinsk between the 2nd – 6th October 2017. The symposium papers are devoted to fundamental aspects of research on the physical, chemical and mechanical properties of snow packs and avalanches, the evaluation of state-of-the-art knowledge on snow, snow packs and avalanches, research perspectives on their fundamental properties in addition to applied questions related to civil engineering in snowy regions.

Editor-in-Chief: Ass. Prof. N. Kazakov, Prof. C. de Jong
Editorial college: PhD. E. Kazakova, PhD. V. Lobkina, A. Muzyichenko
Reviewers: Prof. E. Kolomitz; PhD. P. Chernouss

Print SP Khan Natalia Viktorovna (the Printing Company "Kano")
Bin 309650109000031
Yuzhno-Sakhalinsk, str. Admirala Makarova, 27, of.7, tel: (4242) 43-81-57
Edition of 120 copies, 2017

ОРГАНИЗАТОРЫ

- ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, Россия
- Автономная некоммерческая организация научно-исследовательский центр по изучению геодинамических процессов «ГЕОДИНАМИКА», Южно-Сахалинск, Россия
- Японская Ассоциация снега и льда, Токио, Япония
- Лаборатория физической географии Национального центра научных исследований Франции и Университета Париж 1 Пантеон-Сорбонна, Париж, Франция
- ФГБУН Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Симпозиум проводится при финансовой поддержке следующих организаций:

- Правительство Сахалинской области, Южно-Сахалинск, Россия
- Автономная некоммерческая организация научно-исследовательский центр по изучению геодинамических процессов «ГЕОДИНАМИКА», Южно-Сахалинск, Россия
- Федеральное Агентство Научных Организаций РФ, Москва, Россия

ORGANIZERS

- Far East Geological Institute of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Science, Vladivostok, Russia
- Nonprofit Organization Research Center for the Study of geodynamic processes "Geodynamics", Yuzno-Sakhalinsk, Russia
- Japanese Society of Snow and Ice (JSSI), Tokyo, Japan
- Laboratory of the Physical Geography, CNRS and Pantheon-Sorbonne University Paris 1, Paris, France
- Special Research Bureau for Automation of Marine Researches of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Science", Yuzno-Sakhalinsk, Russia

FINANCIAL SUPPORT

The symposium is sponsored by the following organizations:

- The Government of the Sakhalin region, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia.
- Nonprofit Organization Research Center for the Study of geodynamic processes "Geodynamics", Yuzhno-Sakhalinsk, Russia.
- Federal Agency for Scientific Organizations, Moscow, Russia.

ОРГКОМИТЕТ

Сопредседатели:

- академик Ханчук А.И., научный руководитель ДВГИ ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
- проф. Такахаша С., президент Японской Ассоциация снега и льда, Токио, Япония
- Ph.D. Джомелли В., директор по исследованиям, Лаборатория физической географии Национального центра научных исследований Франции и Университета Париж-1 Пантеон-Сорбонна, г. Париж, Франция

Заместители председателя:

- к.г.-м.н. Казаков Н.А., директор Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН, заведующий лабораторией лавинных и селевых процессов, г. Южно-Сахалинск, Россия
- к.г.н. Сократов С.А., заместитель декана по научной работе Географического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова, г. Москва, Россия
- проф. Де Йон К., профессор Университета Страсбурга, г. Страсбург, Франция

Ответственный секретарь:

- к.г.н. Казакова Е.Н., старший научный сотрудник Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

Оргкомитет:

- член-корреспондент Соломина О.Н., Вице-президент Международной ассоциации криосферных наук; директор Института географии РАН, г. Москва, Россия
- проф. Адамс Е., профессор Университета Монтана, г. Боземан, США
- д.г.н. Благовещенский В.П., Руководитель лаборатории природных опасностей Института географии Республики Казахстан, г. Алматы, Казахстан
- к.г.-м.н. Генсиоровский Ю.В., зам. директора Научно-исследовательского центра "Геодинамика", г. Южно-Сахалинск, Россия
- проф., д.г.н. Глазырин Г.Е., профессор Национального университета Узбекистана, г. Ташкент, Узбекистан
- к.ф.-м.н. Зайцев А.И., зам. директора по научным направлениям СКБ САМИ ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия
- проф., д.г.н. Коломыц Э.Г., зав. лабораторией ландшафтной экологии Института экологии Волжского бассейна РАН, г. Пущино, Россия

- д.г.-м.н. Лапердин В.К., вед. научный сотрудник Института земной коры СО РАН, г. Иркутск, Россия
- Ph.D. Мак-Кланг Д., профессор Отделения исследования снега и лавин Географического университета Британской Колумбии, г. Ванкувер, Канада
- проф. Маэно Н., экс-президент Международного гляциологического общества, профессор Университета Хоккайдо, г. Саппоро, Япония
- к.п.н. Молчанов К.Я., референт департамента развития предпринимательства и конкуренции науки и инноваций министерства экономического развития Сахалинской области, учёный секретарь научно-экспертного совета при Правительстве Сахалинской области, г. Южно-Сахалинск, Россия
- проф. Нишимура К., профессор Университета Нагоя, , г. Нагоя, Япония
- Ph.D. (Sci) Фукс С., зам. директора Института прикладных исследований горных рисков Университет природных ресурсов и наук о жизни, г. Вена, Австрия
- Ph.D. Хестнес Э., ст. геоморфолог, Норвежский геотехнический институт, г. Осло, Норвегия
- к.г.н. Шныпарков А.Л., ведущий научный сотрудник, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
- Ph.D. Ямагучи С., Национальный исследовательский институт наук о Земле и защиты от стихийных бедствий, Нагаока, Япония
- Ph.D. (Sci) Сато А., Технический Консультант Sekisui Plastics Co., LTD., г. Токио, Япония

Рабочая группа:

к.г.н. Лобкина В.А., ст. научный сотрудник; к.г.н. Боброва Д.А., научный сотрудник; к.г.-м.н. Степнова Ю.А., научный сотрудник; Кононов И.А., научный сотрудник; Рыбальченко С.В., мл. научный сотрудник; Музыченко А.А., мл. научный сотрудник; Ставнийчук В.К., ст. инженер; Павлов В.С., инженер (СФ ДВГИ ДВО РАН, лаборатория лавинных и селевых процессов, Южно-Сахалинск); Степанюк С.А., зам. директора по экономике – главный бухгалтер; Беликова Т.Н., ведущий бухгалтер; Владзимирская О.Н., старший экономист (ДВГИ ДВО РАН, Владивосток)

ORGANIZING COMMITTEE

Co-Chairs:

- Academician A.I. Khanchuk, Academician of RAS, Scientific Director of the FEB RAS, Vladivostok, Russia
- Prof. S. Takahashi, President of Japanese Society of Snow and Ice (JSSI), Tokyo, Japan
- Ph.D. V. Jomelli, Research Director, Laboratory of Physical Geography, CNRS and Pantheon-Sorbonne University Paris 1, Paris, France

Deputy Chairmen:

- Ass. Prof. N.A. Kazakov, Director of the Sakhalin Branch of Far East Geological Institute FEB RAS, Head of the Laboratory of Avalanche and Debris Flow Processes, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
- Ph.D. S.A. Sokratov, Deputy Dean of Research of the Faculty of Geography of the Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
- Prof. C. de Jong, Professor of the Institute of Imagery, City and Environment Faculty of Geography and Spatial Planning of University of Strasbourg, Strasbourg, France, Ex-President of Cryospheric Sciences of the European Geosciences Union

Senior Secretary:

- Ph.D. E.N. Kazakova, Senior Researcher, Laboratory of Avalanche and Debris Flow Processes, Sakhalin Department of FEGI FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Organizing Committee:

- Corresponding Member of RAS O. N. Solomina, Vice-president of the International Association of Cryospheric Sciences, Director of the Institute of Geography RAS, Moscow, Russia
- Prof. E.E. Adams, Professor of the Montana State University, Bozeman, USA
- Ph.D. Yu. V. Gensiorovskiy, Deputy Director of the Research Center for the Study of Geodynamic Processes "Geodynamics", Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
- Prof. G.E. Glazyrin, Professor of the National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan
- Ph.D. A.I. Zajcev, Deputy Director of Research of the Special Research Bureau for Automation of Marine Researches of the Far Eastern Branch of RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
- Prof. E.G. Kolomyc, Head of the Laboratory of Landscape Ecology, Institute of Volga Basin Ecology RAS, Pushchino, Russia

- Prof. N. Maeno, Ex-president of the International Glaciological Society, Board Member of the International Glaciological Society, Professor at Hokkaido University, Sapporo, Japan
- Prof. K. Nishimura, Professor of the Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Nagoya, Japan
- Dr. Sc. V.P. Blagovechshenskiy, Head of the Department of the Natural Hazards of the Institute of Geography of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan
- Dr. Sc. V.R. Laperdin, Senior Researcher of the Institute of the Earth's Crust Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia
- Ph.D. (Sci) S. Fuchs, Deputy Director of the Institute of Mountain Risk Engineering, University of Natural Resources and Life Sciences, Wien, Austria
- Ph.D. D. McClung, Professor Emeritus of the Avalanche Engineering; Snow and Avalanche Research, Department of Geography, University of British Columbia, Vancouver, Canada
- Ph.D. K.Ya. Molchanov, Referent of the Department for Development of Entrepreneurship and Competition of Science and Innovation, Ministry of Economic Development of Sakhalin region, Scientific Secretary of the Scientific Expert Council of Government of the Sakhalin region, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
- Ph.D. E. Hestnes, Senior Geomorphologist, Norwegian Geotechnical Institute, Oslo, Norway
- Ph.D. A.L. Shnyparkov, Leading Researcher, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
- Ph.D. S. Yamaguchi, Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, Nagaoka, Japan
- Ph.D. (Sci) A. Sato, Technical Advisor, Sekisui Plastics Co., LTD., Tokyo, Japan

Local Organizing Group:

Ph.D. V.A. Lobkina, Senior Researcher; Ph.D. D.A. Bobrova, Researcher; Ph.D. Yu. A. Stepnova, Researcher; I.A. Kononov, Researcher; S.V. Rybalchenko, Junior Researcher; A.A. Muzychenko, Junior Researcher; V.K. Stavniychuk, Senior Engineer; V.S. Pavlov, Engineer (Laboratory of Avalanche and Debris Flow Processes, Sakhalin Branch of FEGI FEB RAS); S.A. Stepanjuk Deputy Director for Economics - Chief Accountant; T.N. Belikova, Leading Accountant; O.V. Vladzimirskaya, Senior Economist (FEGI FEB RAS, Vladivostok)

ПРЕДИСЛОВИЕ

В 2011 и 2013 годах в г. Южно-Сахалинске были проведены I и II Международные научные симпозиумы «Физика, химия и механика снега». По окончании первого симпозиума участниками было принято решение сделать это мероприятие регулярным. III Международный научный симпозиум «Физика, химия и механика снега», который проводится 2-6 октября 2017 г. в г. Южно-Сахалинске, продолжает начатую традицию.

Доклады симпозиума посвящены рассмотрению фундаментальных аспектов исследования физических, химических и механических свойств снежного покрова, оценке современного уровня фундаментальных знаний о снеге, снежном покрове и лавинах и перспективам исследования их фундаментальных свойств.

Часть тематики посвящена рассмотрению прикладных вопросов, а именно использованию знаний о снеге и лавинах при проектировании зданий и сооружений в снежных регионах. Такое расширение тематики симпозиума оправдано, поскольку многие инженерные задачи, стоящие перед обществом, можно решить только с использованием научных знаний, полученных при проведении фундаментальных исследований.

Редакционная коллегия

PREFACE

In 2011 and 2013 the I and II International Scientific Symposium «Physics, Chemistry and Mechanics of Snow» were conducted in Yuzhno-Sahalinsk (Russia). At the end of the I Symposium the participants decided that such a Symposium should be organised regularly every two years. The III International Scientific Symposium «Physics, Chemistry and Mechanics of Snow», carried out between the 2nd to 6th Oktober, 2017 in Yuzhno-Sahalinsk continued this tradition.

The papers of the symposium are devoted to fundamental research aspects on physical, chemical and mechanical properties of snow-cover, evaluation of state-of-the-art knowledge on snow, snow-cover and avalanches and research perspectives on their fundamental properties.

Besides considering scientific questions, part of the present symposium subjects are devoted to applied questions on snow and avalanches such as application of knowledge on snow and avalanches for planning of buildings and building in snow regions as well as snow issues in ski resorts.

It seems that the expansion of symposium topics is justified since many engineering tasks that face society today can only be carried out when based on scientific knowledge obtained from fundamental research.

Editorial college

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	10
Раздел VII. Лавинные процессы: исследование и моделирование. ...	15
Ефремов Ю.В. <i>Снежные лавины на Лагонакском нагорье (Западный Кавказ)</i>	16
Зайко Ю.С., Эглит М.Э. <i>Численная модель для описания движения снежных лавин, учитывающая неньютоновскую реологию среды, турбулентность и вовлечение в движение снега со склона</i>	22
Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В. <i>Максимальные объёмы лавин в низкогорье о. Сахалин</i>	26
Пильгаев С.В. и др. <i>Комплекс лавинной сигнализации и результаты его испытаний</i>	31
Эглит М.Э., Якубенко А.Е., Дроздова Ю.А. <i>Реологические свойства движущегося снега и их влияние на динамику лавинного потока</i>	37
K. Nishimura and others. <i>Hazard mapping of snow avalanche flow with polynomial chaos quadrature</i>	42
S. Yamaguchi and others. <i>Avalanche forecasting system developed by national research insitute for earth science and disaster resilience, Japan</i>	44
Раздел VIII. Оценка лавинной опасности и защита от лавин.	49
Жданов В.В. <i>Уточненная оценка лавинной опасности в районе снеголавинной станции «Шымбулак»</i>	50
Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В. <i>Лавинные риски для транспортных магистралей в Сахалинской области</i>	55
Кюль Е.В. <i>Методологические основы оценки влияния снежных лавин на горные ландшафты</i>	62
Кюль Е.В. <i>Геоэкологическая оценка подверженности горной территории снеголавинным процессам</i>	67
Кюль Е.В. <i>Методические основы создания атласа лавинной деятельности Кабардино - Балкарской республики</i>	73
Кюль Е.В. <i>Создание справочника по лавинным формам рельефа</i>	78
Лапердин В.К. <i>Лавиноопасность магистральных трасс Восточной Сибири</i>	83
Чеботарёв С.И. и др. <i>Организация противолавинной защиты на Сахалинском регионе Дальневосточной железной дороги</i>	84
E. Hestnes, S. Bakkehøi, C. Jaedicke. <i>Global warming reduces the consequences of slushflows</i>	95

Раздел IX. Проектирование и строительство в снежных регионах.
Проблемы горнолыжных курортов.101

Генсиоровский Ю.В., Казаков Н.А. <i>Снег как фактор, обуславливающий возникновение опасных природных процессов, влияющих на функционирование горнолыжных курортов, и риски для территорий населенных пунктов, находящихся в непосредственной близости от курортов (на примере строительства СТК «Горный Воздух», о. Сахалин).....</i>	102
Казакова Е.Н., Лобкина В.А. <i>Снегоопасность о. Сахалин.....</i>	108
Кондратьев В.Г. <i>Снегоочистка как эффективный способ сохранения вечной мерзлоты в основании линейных сооружений в криолитозоне.....</i>	114
Лобкина В.А., Кононов И.А., Потапов А.А. <i>Исследование снеговой нагрузки на кровле.....</i>	120
Пиманкина Н.В. <i>Оценка опасности сильных снегопадов и снеговых нагрузок в горах Казахстана.....</i>	125
Родионова П.М. и др. <i>Анализ противолавинных мероприятий для оценки лавинного риска на Красной Поляне.....</i>	130
Федотова Д.А. <i>Типы проявления экстремальных снегопадов.....</i>	136
C. de Jong, D. Pinto. <i>Environmental impacts of artificial snow and snow grooming on ski runs in the Alps and Black Forest.....</i>	142
S. Takahashi. <i>Drifting snow disaster in Hokkaido, Japan.....</i>	148
СПИСОК АВТОРОВ.....	154

CONTENTS

PREFACE	10
Section VII. Avalanche processes; study and modeling.....	15
Yu.V. Efremov. <i>Snow avalanches in the Lagonaky highlands (Western Caucasus)</i>	16
J.S. Zayko, M.E. Eglit. <i>A numerical model for avalanche motion considering non-newtonian fluid rheology, turbulence and slope material entrainment ..</i>	22
N.A. Kazakov, Yu. V. Gensiorovskiy. <i>The maximum volume of avalanches in the low mountains of Sakhalin Island</i>	26
S.V. Pilgaev and others. <i>An early-warning avalanche system and its first test results</i>	31
M.E. Eglit, A.E. Yakubenko, Ju.A. Drozdova. <i>Rheological properties of moving snow and their influence on avalanche dynamics</i>	37
K. Nishimura and others. <i>Hazard mapping of snow avalanche flow with polynomial chaos quadrature</i>	42
S. Yamaguchi and others. <i>Avalanche forecasting system developed by national research insitute for earth science and disaster resilience, Japan</i>	44
Section VIII. Avalanche danger rating; avalanche protection.....	49
V.V. Zhdanov. <i>A revised asesment of snow avalanche risk in the region of the ski resort "Shymbulak"</i>	50
N.A. Kazakov, Yu.V. Gensiorovskiy. <i>Avalanche risk for transporting systems in the Sakhalin region</i>	55
E.V. Kyul. <i>A methodology for the assessment of impacts of snow avalanches in mountain landscapes</i>	62
E.V. Kyul. <i>Geoecological assessment of the susceptibility of mountain regions to snow avalanches processes</i>	67
E.V. Kyul. <i>A methodology for the creation of an atlas of avalanche activity in the Kabardino - Balkarian republic</i>	73
E.V. Kyul. <i>Creating a dictionary of avalanche landforms</i>	78
V.K. Laperdin. <i>Avalanche risk of infrastructures in Eastern Siberia</i>	83
S.I. Chebotaryov and others. <i>Avalanche protection of the Far Eastern Railway in the Sakhalin region</i>	84
E. Hestnes, S. Bakkehøi, C. Jaedicke. <i>Global warming reduces the consequences of slushflows</i>	95

Section IX. Design and construction in snowy regions, including ski resorts.	101
Yu. V. Gensiorovskiy, N.A. Kazakov. <i>Snow as a factor causing the occurrence of dangerous natural processes affect the functioning of ski resorts and risks for territories populated checkpoints located in the immediate vicinity of the resorts for example, construction STK "Gorny Vozduh (mountain air)", Sakhalin Island</i>	102
E.N. Kazakova, V.A. Lobkina. <i>Snow hazards on Sakhalin Island</i>	108
V.G. Kondratiev. <i>Snow clearance as an effective way to preserve permafrost-based linear infrastructures in the cryolithozone</i>	114
V.A. Lobkina, I.A. Kononov, A.A. Potapov. <i>Study of snow loading on roof</i>	120
N.V. Pimankina. <i>Assessment of hazardous snowfalls and snowloads in the mountains of Kazakhstan</i>	125
P.M. Rodionova and others. <i>Analysis of avalanche mitigation measures for avalanche risk assessment in Krasnaya Poliana</i>	130
D.A. Fedotova. <i>Types of extreme snowfall manifestation</i>	136
C. de Jong, D. Pinto. <i>Environmental impacts of artificial snow and snow grooming on ski runs in the Alps and Black Forest</i>	142
S. Takahashi. <i>Drifting snow disaster in Hokkaido, Japan</i>	148
LIST OF AUTHORS	154

Раздел VII.

Лавинные процессы: исследование и моделирование.



Section VII.

Avalanche processes; study and modeling.

СНЕЖНЫЕ ЛАВИНЫ НА ЛАГОНАКСКОМ НАГОРЬЕ (ЗАПАДНЫЙ КАВКАЗ)

Ефремов Ю.В.

Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

Аннотация. Рассматриваются условия и факторы возникновения и распространения снежных лавин на Лагонакском нагорье. Подчеркиваются особенности рельефа, как главного условия формирования снежных лавин. Они возникают на крутых северных склонах хребтов и горных массивов Фишт, Оштен, Пшехасу и Нагой Чук. Отмечаются климатические факторы: температура, атмосферные осадки и ветер, которые влияют на снегонакопление и возникновение снежных лавин. Особая роль в их формировании принадлежит скорости ветра, который способствует возникновению метелей и аккумуляции снега на подветренных склонах.

Ключевые слова: снежные лавины, лавинная опасность, снежный покров.

SNOW AVALANCHES IN THE LAGONAKY HIGHLANDS (WESTERN CAUCASUS)

Yu.V. Efremov

Kuban State University, Krasnodar, Russia

Abstract. The conditions and factors controlling the occurrence and distribution of snow avalanches on the LagoNaky plateau are analysed. Topography is considered as the main parameter triggering snow avalanches. They occur on the steep Northern slopes of the ridges and mountain ranges of the Fisht, Oshten, Pshekhasu and Nagoi Chuk. Dominant climatic factors include temperature, precipitation and wind which affects both the accumulation and occurrence of snow avalanches. Wind speed plays a special role in their formation since it contributes to the occurrence of blizzards and snow accumulation on the leeward slopes.

Key words: snow avalanches, avalanche security, snow cover.

В последние годы на Большом Кавказе обострилась проблема чрезвычайных ситуаций, связанных со сходом снежных лавин и селевых потоков. Такие ситуации обусловлены глобальным потеплением климата и усиливающейся с каждым годом хозяйственной деятельностью (вырубкой лесов, освоением альпийской зоны под лыжные трассы, строительством дорог и т.п.).

В пределах Краснодарского края снежные лавины возникают довольно часто и создают чрезвычайные обстановки в горной территории, в том числе и на Лагонакском нагорье.

Снежные лавины на Лагонакском нагорье – явление сравнительно редкое, и большей мере они бывают на горном массиве Фишт-Оштен и на прилегающих к нему горных массивах. Специальные работы, посвященные снежным лавинам, для рассматриваемой территории отсутствуют. Некоторые отрывочные данные встречаются в

немногочисленных работах [Ефремов, Шуляков, 2015; Заруднев, Салпагаров и др., 2004]. В последнее десятилетие заметно изменился снеголавинный режим горной территории Кавказа, и в том числе Лагонакского нагорья, что нашло отражение в опубликованных работах [Ефремов, Зимницкий, 2017].

Лагонакское нагорье расположено в междуречье Белой и Пшехи и входит в территорию Всемирного природного наследия «Западный Кавказ». Административно нагорье располагается в Краснодарском крае (Апшеронский и Хостинский районы курорта Большой Сочи) и республике Адыгея (Майкопский район) (рис. 1).

Условия формирования снежных лавин. Общеизвестно, что на всей горной территории Западного Кавказа, в том числе и на Лагонаки, формируется снежный покров достаточно большой мощности. Следовательно, рассматриваемая территория в той или иной степени подвержена лавинной опасности, которая в большей степени зависит от морфологических особенностей рельефа и элементов климата – снежного покрова и ветрового режима.

Исходя из особенностей рельефа Лагонакского нагорья, оценена степень лавинной опасности рассматриваемого района по космическим снимкам, материалам полевых исследований [Ефремов, Зимницкий, 2017] и согласно критериям по оценке рельефа как фактора лавинообразования, изложенным в работе Г.К. Тушинского [Тушинский, 1970].

На территории нагорья Лагонаки нет метеостанций, а ближайшие из них находятся за пределами нагорья, т.е. в Гузерипле, Даховской и Луной поляне, расположенной в западной части Фиштинского горного массива. Репрезентативным являлся лишь метеопост Фишт – Лунная Поляна (1770 м), но его ряд наблюдений насчитывает всего лишь 11 лет (1992-2002 гг.) и по действующим нормативам является коротким и недостаточным (минимальный ряд должен быть не менее 15 лет).

Климатические факторы схода снежных лавин во многом определяются количеством выпавшего снега, температурами воздуха, ветровым режимом и особенностями метелевого переноса снега.

Рассматриваемый горный регион расположен в области умеренно-континентального климата с яркой вертикальной зональностью метеорологических элементов, иногда нарушаемой особенностями орографии и процессами адвекции [Иванченко, Царева и др., 1982]. Коротко рассмотрим основные метеорологические элементы, влияющие на возникновение снежных лавин.

Термический режим. На северном склоне в данном районе средние месячные температуры воздуха в январе-феврале отрицательные на всех высотах. В марте такие показатели возможны с высоты 1500 м и более, в декабре – с 1000 м. Средняя месячная температура воздуха в январе

равна 1,5-2,0° С, на турбазе «Лаго-Наки», в приютах «Армянский», «Фишт», «Цице» и «Водопадистый» понижается до -4,0 ... -4,5° С. Наиболее низкие средние месячные температуры воздуха -5,5 ... -6,0° С наблюдаются на плато Лаго-Наки, Белореченском и Черкесском перевалах.

В отдельные годы средние месячные температуры воздуха могут значительно отклоняться от приведенных выше. В январе на высших точках Лагонакского нагорья в самые холодные зимы средняя температура воздуха понижается до -10...-12° С, в Гузерипле до -9° С; в теплые годы она бывает положительной на большей части Лагонакского нагорья. Лавинная опасность возрастает при положительных значениях температуры воздуха. Оттепели, которые часто бывают в конце марта – начале апреля, являются причиной схода мокрых снежных лавин, которые обладают большой разрушительной силой.

Осадки. Количество осадков подвержено большой изменчивости во времени – одни годы бывают сухими, другие снежными. В таблице приведены наибольшие и наименьшие годовые суммы осадков, возможные в различные годы (табл. 1).

Таблица 1.

Наибольшее и наименьшее количество осадков за год (мм), различной вероятности.

Пункт	Среднее кол-во осадков	Наибольшее			Наименьшее		
		Количество осадков, возможное 1 раз в					
		5 лет	10 лет	20 лет	5 лет	10 лет	20 лет
1	2	3	4	5	6	7	8
Майкоп	700	810	890	960	570	510	440
Даховская	740	860	940	1030	600	540	480
Хамышки	940	1090	1180	1290	780	700	620
Гузерипль	1130	1210	1400	1540	930	840	750
«Армянский», приют	1780	2030	2130	2370	1460	1360	1200
«Фишт», приют	2670	2930	3110	3510	2150	2050	1840
Белореченский перевал	2745	3010	3190	3600	2210	2140	1880
Лаго-Наки, туристская база	1485	1700	1800	1990	1220	1120	990
Лагонаки, плато	1955	2260	2380	2650	1630	1530	1360
«Цице», приют	1800	2040	2150	2390	1480	1330	1220
«Водопадистый», приют	2650	2910	3090	3490	2140	2050	1830
Черкесский перевал	2765	3020	3220	3630	2230	2140	1910

Ветровой режим. В горах Западного Кавказа ветер – важный фактор формирования снежных лавин. Средняя месячная скорость ветра в течение года колеблется в пределах 1-4 м/с, а максимальная

скорость может достигать 34 м/с (порывы до 40 м/с). Сильный ветер наблюдается не более 5 дней в году, однако в эти редкие дни скорость ветра может достигать 30-40 м/с. Даже в котловинах, таких как Гузерибль, возможны максимальные скорости 34 м/с. В зимнее время сильные ветры могут сопровождаться метелями и понижением температуры – благоприятными условиями формирования снежных лавин на крутых подветренных склонах хребтов.

Условия снегонакопления. В рассматриваемом регионе в зимнее время высота снежного покрова значительна и колеблется на одних и тех же участках в разные годы в широком диапазоне – от нескольких см до 5-6 м (район приюта Фишт). Достаточно подробно условия снегонакопления на Лагонакском нагорье изложены в работе [Ефремов, Зимницкий, 2017].

Период лавинной опасности или количество лавиноопасных дней зависит от начала выпадения снега и его разрушения. Продолжительность лавиноопасного периода определяется по высотным зонам. В таблице 2 приведена продолжительность лавиноопасного периода по высотным зонам для северного и южного склонов Большого Кавказа, которая характерна и для рассматриваемого региона [Заруднев, Салпагаров и др., 2004].

Таблица 2.

Продолжительность лавиноопасного периода, дни.

Склон Большого Кавказа	Высота над уровнем моря, м								
	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
Северный	40	55	75	100	120	140	160	180	200
Южный	45	60	83	115	135	160	200	230	240

Число лавиноопасных дней в зависимости от высоты местности колеблется в широком диапазоне – от 40 до 200 дней на северном склоне и от 45 до 240 дней на южном.

В верховьях рек Белой и Цице часто можно видеть следы постоянного воздействия лавин в виде снеголома леса, а в июне-июле встретить на тропах конуса тающего снега – остатки снежных лавин. Максимум лавинной опасности приходится на конец февраля – март, когда в горах бывает много снегопадов и метелей при относительно высоких температурах. После особенно многоснежных зим сход лавин возможен и в мае. Таким образом, число лавиноопасных дней в зависимости от высоты местности колеблется в широком диапазоне – от 20 до 250 дней.

Типы и частота схода снежных лавин. На Лагонакском нагорье нами выявлено 40 лавиноборов. В соответствии с условиями снегонакопления и термического режима в снежной толще здесь

формируются следующие типы генетических лавин: 1) из свежевывающего снега, которые наблюдаются в декабре-январе после сильных и продолжительных снегопадов; 2) инсоляционные и адвективные, возникающие в весеннее время и при оттепелях. Они в основном сходят в марте-апреле.

Среди лавинных очагов наиболее характерны цирки, кары, сложные денудационные воронки со скалистой поверхностью и наклоном более 35°. Вследствие достаточной расчлененности нагорья Лагонаки здесь преобладают лотковые лавинные очаги (около 85% всех очагов), высота которых составляет от 100 до 1000 м и более.

На значительной части лавиноопасной территории нагорья Лагонаки (около 40%) густота сети лавинных очагов составляет менее 1 на 1 км. Территории с густотой сети 1-5 очагов на 1 км занимают около 34% площади. Территории с густотой сети более 5 очагов на 1 км дна долины занимают в основном пояс выше 1500-1700 м.

Большинство лавин сходит в декабре-феврале. На протяжении зимнего сезона отмечаются два пика лавинной активности – в декабре и апреле, обусловленные соответственно снегопадами и весенним снеготаянием. Отмечались периоды с таким характером атмосферной циркуляции, при котором пик лавинной активности смещался с декабря на январь-февраль, поэтому наблюдался один растянутый позднезимний-весенний максимум лавинообразования. Общее число лавин при этом было несколько меньшим.

Выводы.

На Лагонакском нагорье существуют особые условия для образования снежных лавин. Это огромное количество твердых осадков, плосковершинный рельеф отдельных горных хребтов и горных массивов, сильные ветры, вызывающие метели, во многих случаях являющиеся причиной формирования снежных карнизов, которые при обрушении вызывают сход снежных лавин.

Выпадающий снег сдувается с плосковершинных хребтов и откладывается вблизи их гребней (на бровках крутых склонов) в виде снежных карнизов, а также на склонах долин в эрозионных врезках и денудационных воронках, которые в большинстве случаев являются источником формирования снежных лавин. Мощность снега в лавиносборах достигает 10-15 м.

По имеющимся данным, т.е. при анализе топографических карт и космических снимков, а также наблюдений автора, установлены места схода снежных лавин и районы повышенной лавинной опасностью. К ним относятся горный массив Фишт-Оштен, юго-западные склоны г. Туба, Нагой-Чук, г. Пшеха-Су, северные склоны хр. Нагой-Чук, каньоны рек Цице, Сухой балки, восточные склоны хр. Каменное море (высота свыше 2000 м).

Литература

1. Ефремов Ю.В., Шуляков Д.Ю. Современные экзогенные процессы на Лагонакском нагорье Западный Кавказ) / Геориск. 2016. № 3. С.18-26.
2. Ефремов Ю.В., Зимницкий А.В. Снежный покров на Лагонакском нагорье (Западный Кавказ) / Лед и снег. 2017. № 2.
3. Заруднев В.М., Салпагаров А.Д., Ильичев Ю.Г., Хома И.И. Снежные лавины Западного Кавказа. Теберда-Ставрополь, 2004. 192 с.
4. Иванченко Т.Е., Царева Ф.П., Юрченко В.П., Панов В.Д. Климат туристских маршрутов Западного Кавказа в бассейнах рек Белая и Шахе. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 34 с.
5. Тушинский Г.К. Ледники, снежники, лавины СССР. М.: Географгиз, 1970. 273 с.

ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ДВИЖЕНИЯ СНЕЖНЫХ ЛАВИН, УЧИТЫВАЮЩАЯ НЕНЬЮТОНОВСКУЮ РЕОЛОГИЮ СРЕДЫ, ТУРБУЛЕНТНОСТЬ И ВОВЛЕЧЕНИЕ В ДВИЖЕНИЕ СНЕГА СО СКЛОНА

Зайко Ю.С.¹, Эглит М.Э.²

¹ НИИ механики МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

² Механико-математический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия

Аннотация. Для ламинарного потока на склоне постоянного уклона построена численная модель, позволяющая рассчитывать движение потока, учитывающая сложную неньютоновскую реологию среды и захват материала, лежащего на склоне. Проведено исследование влияния реологического соотношения для движущейся среды и процесса вовлечения донного материала на динамические параметры потока. Исследована возможность применения пакета Flow Vision для построения модели, учитывающей сложную геометрию склона и турбулентный характер потока. Проведены верификационные расчёты распространения потока по склону постоянного уклона с моделированием переднего фронта потока.

Ключевые слова: численное моделирование лавины, неньютоновская реология снега.

A NUMERICAL MODEL FOR AVALANCHE MOTION CONSIDERING NON-NEWTONIAN FLUID RHEOLOGY, TURBULENCE AND SLOPE MATERIAL ENTRAINMENT

J.S. Zayko¹, M.E. Eglit²

¹Institute of Mechanics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²Faculty of Mechanics and Mathematics, Lomonosov Moscow State University,
Moscow, Russia

Abstract. A numerical model of laminar flow on a uniform slope is formulated. The model considers the non-Newtonian rheology of fluid and entrainment of slope material. Influences of these two factors on flow dynamic parameters are investigated. The possibility of using Flow Vision software for building an avalanche model that takes into account turbulence and complex slope geometry is evaluated. Test calculations of flow propagation with a leading flow edge over uniform slope are conducted.

Key words: numerical modeling of avalanche, non-Newtonian snow rheology.

В первой части работы численно решается задача о ламинарном движении потока снега по склону, наклонённому к горизонту на постоянный угол θ . В работе (Kern, 2004) приведены результаты экспериментальных исследований течения потока снега постоянной глубины в экспериментальном лотке, получено, что течение имеет

ламинарный характер, определены константы реологических моделей Хершеля-Балкли

$$\begin{cases} \frac{\partial v}{\partial z} = 0 & \text{при } |\tau_{xz}| \leq \tau_y, \\ |\tau_{xz}| = \tau_y + K \left| \frac{\partial v}{\partial z} \right|^n & \text{при } |\tau_{xz}| > \tau_y, \end{cases}$$

$$n = 2, \rho = 500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, K = 0.44 \cdot 10^{-1} \frac{\text{кг}}{\text{м}}, \tau_y = 1000 \text{Па} \quad (1)$$

и Кросса

$$\tau_{xz} = \frac{\mu_0 + \mu_1 k_c \left| \frac{\partial v}{\partial z} \right|}{1 + k_c \left| \frac{\partial v}{\partial z} \right|} \frac{\partial v}{\partial z}, \quad \frac{\mu_0}{\rho} = 2.1 \frac{\text{м}^2}{\text{с}}, \frac{\mu_1}{\rho} = 0.27 \cdot 10^{-2} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}, k_c = 1.1 \text{с}, \quad (2)$$

при которых данные модели хорошо описывают экспериментальные профили скорости. В (1) и (2) v — скорость потока, z — координата, отсчитываемая по нормали ко дну, ρ — плотность среды, τ_{xz} — сдвиговое напряжение в потоке, τ_y — предел текучести, остальные величины являются определяющими константами для данных моделей. В работе (Kern, 2009) приведены результаты измерения профиля скорости в естественно сошедшей снежной лавине, которые показывают, что в центральной, удалённой от переднего и заднего фронтов лавины, части поток ламинарный.

В данной работе в качестве реологических моделей движущейся среды были выбраны модели (1) и (2). Помимо неньютоновской реологии, моделируется процесс захвата и вовлечения в движение потоком подстилающего материала (снега). Считается, что захват начинается, когда трение на дне в потоке равно пределу прочности на сдвиг τ_c донного материала (Issler, 2011). $\tau_c / \rho = 2.4 \text{м}^2 / \text{с}^2$ (Sovilla, 2007). Решаются неосреднённые по глубине уравнения, система состоит из уравнения движения (3) в проекции на ось, направленную вдоль склона, и граничных условий:

- на верхней свободной границе потока трение о воздух предполагается равным нулю (4),
- на дне ставится условие прилипания — равенства нулю скорости на дне в потоке (5),
- дополнительное условие на дне служит для определения наличия захвата и положения нижней границы потока — дна (6).

$$\frac{\partial v}{\partial t} = g \sin \theta + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z}, \quad (3)$$

$$\tau_{xz} = 0, \quad (4)$$

$$v = 0, \quad (5)$$

$$\tau_{xz} \Big|_{z=H} = \tau_c. \quad (6)$$

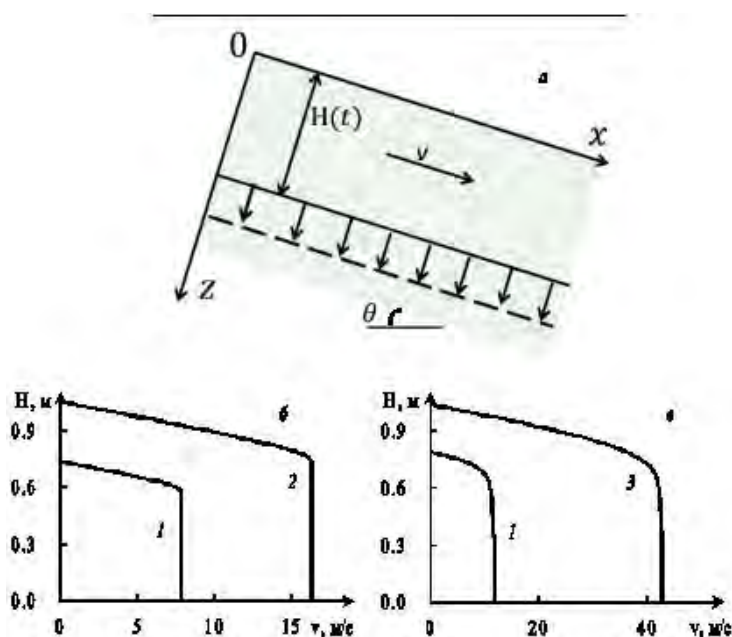


Рисунок 1. Система координат (а); распределение скорости в потоке, захватывающем донный материал, по глубине: б - модель Хершеля-Балкли, в - модель Кросса. 1 - 5 с, 2 - 10 с, 3 - 20 с со времени начала захвата.

Используемая гипотеза о процессе захвата позволила находить положение разрушающегося дна, не имея явного закона движения данной границы, но опираясь только на динамические характеристики потока и величину сопротивления на сдвиг материала дна. Показано, что по прошествии некоторого времени с момента начала захвата скорость потока и его глубина растут со временем линейно. Рассчитаны профили скорости (рисунок 1) в потоке, захватывающем донный материал, когда поток описывается моделями (1) и (2) (Eglit, 2014; Зайко, 2016). Видно, что в верхней части потока существует слой, движущийся как твёрдое тело — твёрдая корка. Скорость захвата асимптотически стремится к постоянному значению, определяемому константами, входящими в реологическое соотношение, углом наклона склона, прочностью подстилающего материала и ускорением свободного падения.

Во второй части работы проведены расчёты ламинарного и турбулентного движения потока с учётом распространения переднего фронта в пакете Flow Vision. На рисунке 2 представлена заливка величиной вектора скорости плоскости потока. В случае ламинарного движения проведено сравнение с аналитическим решением профиля скорости в центральной части потока. Получено хорошее совпадение численного и аналитического результатов (погрешности не превышают 4.1%, см. рис. 3).

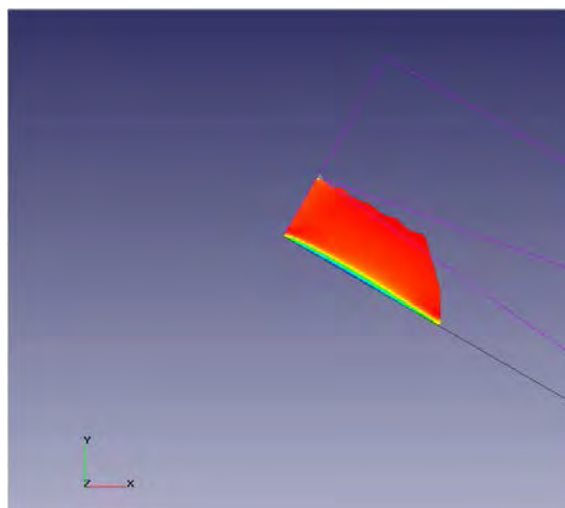


Рисунок 2.

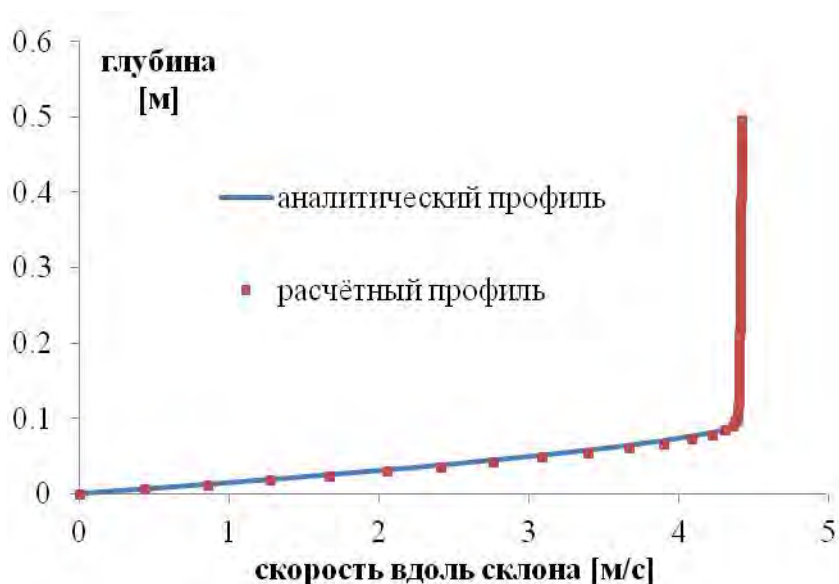


Рисунок 3.

Литература

1. Kern M. A., Tiefenbacher F., McElwaine J. N., The rheology of snow in large chute flows // Cold Reg. Sci. Technol. 2004. V. 39. P. 181–192
2. Kern, M., Bartelt, P., Sovilla, B. & Buther, O. Measured shear rates in large dry and wet snow avalanches // J. Glaciol. 2009. V. 5. No. 190. P. 327 – 338
3. Issler D, M. Pastor Pérez, Interplay of entrainment and rheology in snow avalanches; a numerical study // Annals of Glaciology, 2011. V. 52. №58. P. 143–147.
4. Sovilla B., Margreth S., Bartelt P., On snow entrainment in avalanche dynamics calculations // Cold Reg. Sci. Technol. 2007. V. 47. P. 69–79
5. Eglit M. E., Yakubenko A. E., Numerical modeling of slope flows entraining bottom material // Cold Reg. Sci. Technol. 2014. V. 108. P. 139–148
6. Зайко Ю.С. Численное моделирование склоновых потоков различной реологической природы // Изв. РАН. МЖГ. 2016. №4. С. 3 – 11.

МАКСИМАЛЬНЫЕ ОБЪЁМЫ ЛАВИН В НИЗКОГОРЬЕ о. САХАЛИН

Казаков Н.А., Генсировский Ю.В.

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

Аннотация. Считается, что объёмы лавин в низкогорье (в частности, на о. Сахалине) сравнительно невелики. Однако в результате полевых исследований установлено, что в низкогорье о. Сахалина формируются лавины объёмом более 1 000 000 м³. Максимальный объём лавины, описанной на о. Сахалине, составил 1,4 млн. м³ при дальности выброса 3800 м и высоте фронта 100 м. Лавина сошла 03.01.1991 г. на Чамгинском перевале (Восточно-Сахалинские горы, г. Граничная, абс. отметка 1511 м). Формирование в низкогорье лавин больших объёмов обусловлено большой глубиной расчленения рельефа (300-1000 м), уклонами, оптимальными для накопления и перекристаллизации снежной толщи (30-45°), большим количеством твёрдых осадков (зарегистрированные максимумы осадков на Чамгинском перевале (Восточно-Сахалинские горы) 03-16.01.1991 г. составили за 333 мм снегопад; 127 мм за сутки и 43 мм за час) и сильной перекристаллизацией снежной толщи (значения коэффициентов перекристаллизации – 0,80-0,95, вторичного расслоения – 0,50-1,0 текстуры – 0,50-0,80).

Ключевые слова: лавины больших объёмов, низкогорье, о. Сахалин.

THE MAXIMUM VOLUME OF AVALANCHES IN THE LOW MOUNTAINS OF SAKHALIN ISLAND

N.A. Kazakov, Yu. V. Gensiorovskiy

Sakhalin Department of Far East Geological Institute FEB RAS,
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Abstract. It is believed that the volume of avalanches in the low mountains (in particular, on the Sakhalin Island) are relatively small. However, the field research found that, in low mountains of Sakhalin Island are formed avalanche with a volume of over 1,000,000 m³. The maximum volume of the avalanche, described on the Sakhalin Island, amounted to 1.4 million m³, run out distance was 3800 m, a height of avalanche thickness - 100 m. Avalanche came down 03.01.1991 on Chamginsky Pass (East-Sakhalin Mountains, Granichnaya Mountane, abs. mark 1511 m). The formation of avalanches of large volume in low mountains due to the great depth dissection of relief (300-1000 m); slope, that optimal for the accumulation and recrystallization of snow (30-45°); a large amount of solid precipitation (recorded highs precipitation on Chamginsky Pass (East-Sakhalin Mountains) 03-16.01.1991 was 333 mm per snowfall; 127 mm per day, and 43 mm per hour) and strong recrystallization of the snow pack (values of coefficients: recrystallization of the snow pack – 0,80-0,95, secondary bundle of the snow pack – 0,50-1,0 texture of the snow pack – 0,50-0,80).

Key words: avalanches of large volume, low mountains, Sakhalin Island.

Введение. При оценке воздействия лавин на объекты, сооружения и освоенные территории очень важно представлять, лавины какого объёма и дальности выброса формируются в исследуемых районах. Считается, что объёмы лавин в низкогорье (в частности, на о. Сахалине)

сравнительно невелики: от 0,3 – 10 тыс. м³ до 100 – 200 тыс. м³. Поскольку абсолютные отметки рельефа на о. Сахалине не превышают 1600 м (в среднем, 200–1000 м), территория отнесена к низкогорью. Однако глубина расчленения рельефа достигает 500–1000 м, что позволяет классифицировать этот низкогорный рельеф как альпинотипный. Поэтому лавинные процессы на о. Сахалине широко распространены и причиняют большой ущерб населению (Казакова, Лобкина, 2007), объёмы и дальность выброса лавин (как показывают исследования) могут превышать 1 млн. м³.

Методы исследования. Определение объёма и дальности выброса лавин проводилось как путём прямых измерений лавинных отложений и оторвавшегося снежного пласта после схода лавины, так и путём измерения параметров лавинных снежников в весенне-летний период. Высота фронта лавин больших объёмов определялась по следам, оставленным лавинами на бортах лавиноборов.

Максимальные объёмы лавин на о. Сахалине. По данным полевых исследований в низкогорье о. Сахалин (1945 – 2017 г.г.) установлено (Табл. 1, рис. 1), что максимальные объёмы лавин здесь превышают 1,0 млн. м³, дальность выброса – превышает 3 км, высота фронта – достигает 100 м. Толщина линий отрыва лавин достигает 400 см, толщина лавинных отложений – 26 м (в глубоких распадках толщина лавинных отложений достигает 40 м).

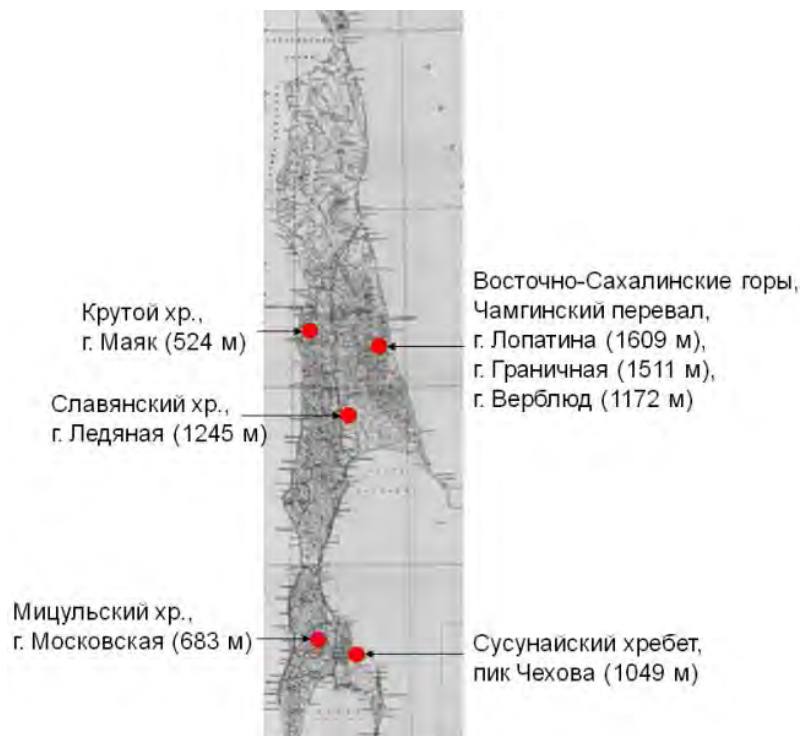


Рисунок 1. Районы регистрации лавин больших объёмов в низкогорье о. Сахалин, 1970 -2017 г.г.

Таблица 1.

Лавины больших объёмов, зарегистрированные на о. Сахалине в 1970 – 2007 г.г.

Дата	Адрес	Объём лавины, тыс. м ³	Дальность выброса лавины, м	Абс. отметка, м		Высота фронта лавины, м	Линия отрыва лавины	
				Линия отрыва лавины	Нижней границы конуса выноса		Длина, м	Толщина, м
09.02.1945	Кругой хр., г. Маяк	170,0	1400	500	170	-	-	-
17-18.03.1970	Мицунский хр., г. Московская	150,0	1500	620	300	-	-	-
17-18.03.1970	Сусунайский хр., пик Чехова, р. Уюновка	500,0	2500	900	300	-	400	4,0
28-29.02.1972	Сусунайский хр., пик Чехова, р. Перевальная	120,0	2000	900	300	-	-	-
17.03.1981	Сусунайский хр., пик Чехова, р. Скальная	230,0	1900	850	300	50	330	4,0
03.01.1991	Восточно-Сахалинские горы, Чамгинский перевал, г. Граничная	1400,0	3800	1300	500	100	500	4,0
03.01.1991	Восточно-Сахалинские горы, Чамгинский перевал	1000,0	2200	1300	500	80	-	-
03.01.1991	Восточно-Сахалинские горы, Чамгинский перевал, г. Верблюд	800,0	2400	1100	480	-	-	-
Зима 2005/2006	Славянский хр., г. Ледяная	400,0	1600	1200	490	-	-	-
Зима 2006/2007	Восточно-Сахалинские горы, г. Лопатина	1100,0	2800	1500	800	100	-	-

Максимальный объём лавины, описанной на о. Сахалине, составил 1,4 млн. м³ при дальности выброса 3800 м и высоте фронта 100 м. Лавина сошла 03.01.1991 г. на Чамгинском перевале (Восточно-Сахалинские горы, г. Граничная, абс. отметка 1511 м).

Зимой 2006/2007 гг. несколько лавин объёмом более 1 млн. м³ при высоте фронта до 100 м сошли со склонов г. Лопатина (Восточно-Сахалинские горы, абс. отметка 1609 м; рис. 2).



Рисунок 2. Снежник лавины, сошедшей зимой 2007 г. Восточно-Сахалинские горы, г. Лопатина. 06.07.2007 г. Фото Г. Белякова.

Формирование в низкогорье о. Сахалин лавин больших объёмов обусловлено:

- большой глубиной расчленения рельефа (300-1000 м);
- уклонами, оптимальными для накопления и перекристаллизации снежной толщи (30-45°);
- большим количеством твёрдых осадков: например, зарегистрированные максимумы осадков на Чамгинском перевале (Восточно-Сахалинские горы) 03-16.01.1991г. составили за 333 мм снегопад; 127 мм за сутки и 43 мм за час (Казаков и др., 199);
- сильная перекристаллизация снежной толщи (в январе – апреле значения коэффициентов перекристаллизации – 0,80-0,95, вторичного расслоения – 0,50-1,0 текстуры – 0,50-0,80).

В образовании лавин больших объёмов перекристаллизация снежной толщи играет ведущую роль: в декабре – мае обрушение снежного пласта происходит по снежным слоям с волокнистой или столбчатой текстурой, сложенным кристаллами скелетного и

полускелетного классов форм. По данным полевых исследований на о. Сахалин (1980 – 2017 г.г.), более 90 % лавин сухого и мокрого снега, объемом более 10 тыс. м³ составляют лавины эпигенетического класса, образование которых обусловлено сильной перекристаллизацией снежной толщи.

На Среднем Сахалине лавины объемом 150 - 300 тыс. м³ сходят 1 раз в 3-5 лет, объемом 1 млн. м³ и более – не реже 1 раза в 5-7 лет. На Южном Сахалине лавины объемом более 200 тыс. м³ сходят 1 раз в 5-7 лет.

Заключение. Таким образом, объём и дальность выброса лавин в низкогорье могут достигать таких же значений, как и в высокогорье.

Литература

1. Казаков Н.А., Окопный В.И., Жируев С.П., Генсиоровский Ю.В., Аникин В.А. Лавинный режим Восточно-Сахалинских гор. //Материалы гляциологических исследований, вып.87, 1999. С. 211–215.
2. Казакова Е.Н., Лобкина В.А. Катастрофические лавины в Сахалинской области. //Материалы гляциологических исследований, № 103 – М.: ИГ РАН, 2007 С.185-190.

КОМПЛЕКС ЛАВИННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЕГО ИСПЫТАНИЙ

**Пильгаев С.В.¹, Черноус П.А.², Филатов М.В.¹, Ларченко А.В.¹,
Федоренко Ю.В.¹, Агеев И.В.³**

¹ Полярный геофизический институт, Россия

² Индивидуальный предприниматель, Россия

³ Отдел лавинной безопасности, АО "Апатит", Россия

Аннотация. Приведено описание комплекса лавинно-обвальной сигнализации и результатов его испытаний.

Ключевые слова: лавиноподобные склоновые процессы, сигнальная система.

AN EARLY-WARNING AVALANCHE SYSTEM AND ITS FIRST TEST RESULTS

**S.V. Pilgaev¹, P.A. Chernous², M.V. Filatov¹, A.V. Larchenko¹,
Yu.V. Fedorenko¹, I.V. Ageev³**

¹ Polar Geophysical Institute, Russia

² Individual Entrepreneur, Russia

³ Department of Avalanche Safety, "Apatit" JSC, Russia

Abstract. A newly designed snow avalanche early warning system and its first test results are described.

Key words: avalanche-like slope processes, alarm system.

Последствиями таких явлений как лавины, оползни, сели, камнепады, паводки и т. п. зачастую являются человеческие жертвы и значительный материальный ущерб. Особенно это касается касается транспортных коммуникаций. Особенно железных дорог. Причиной большинства аварий на них из-за лавин и других лавиноподобных процессов является не поражение состава собственно лавиной, а наезд его на лавинные отложения, находящиеся на рельсах. В таких местах за железнодорожным полотном устанавливается особое наблюдение. Как следствие возникает задача автоматизации процесса обнаружения и сигнализации при возникновении чрезвычайных ситуаций для предупреждения об опасности. В настоящее время, в России и за рубежом, используются несколько видов лавинной сигнализации: 1 - выполненная в виде сетки с проложенным вдоль неё кабелем, который

при ударе разрывается либо деформируется, после чего система сигнализирует об обвале; 2 – выполненная в виде наклоняющихся заборов, которые при наклоне их лавиной замыкают электромеханические датчики, сигнализирующие о событии; 3 – системы, основанные на применении Доплеровских радаров. Основными недостатками этих методов является высокая цена их использования и сложность монтажа систем. Кроме того, в первых двух подходах существуют сложности восстановления после разрушения. При использовании этих подходов в лавинно-опасных зонах есть вероятность полного занесения оградительных сооружений снегом, после чего воздействие лавины на датчик будет ограничено.

Авторами было разработано новое устройство – лавинно-обвальный извещатель. Данное устройство предназначено для детектирования схода лавины (селя, оползня, камнепада и т.п.) и немедленной передачи информации об этом событии дежурному (диспетчеру). Внешний вид лавинно-обвального извещателя и вид его внутреннего электронного модуля приведены на рис. 1 и 2.



Рисунок 1. Лавинно-обвальный извещатель.
Слева - в штатной установке, справа - OEM модуль.

Конструктивно устройство выполнено в виде шеста с герметично интегрированным внутри автономным программно-аппаратным модулем с батарейным питанием. Данное устройство является элементом

централизованной системы контроля схода лавин. Система может включать в себя неограниченное количество лавинно-обвальных извещателей. Каждый извещатель пересылает информацию в автоматизированное рабочее место (АРМ) диспетчера посредством SMS сообщений через радиоканал (регистратор может быть исполнен как с GSM модулем, так и с радио модулем 433 МГц). АРМ представляет собой персональный компьютер с подключенным к нему GSM терминалом (рис. 3), который:

- принимает поступающие SMS от извещателей и размещает полученную информацию в базе данных;
- контролирует работоспособность извещателей, в случае неполучения регулярного SMS информирует оператора о неисправности;
- дает информацию по текущим данным;
- информирует оперативный персонал о событии посредством SMS и звуко-графической сигнализации;
- управляет удалёнными исп. устройствами посредством SMS/CSD/GPRS;

Существует возможность интеграции сторонних протоколов для управления исполнительными устройствами, что дает гибкость использования в составе систем оповещения других производителей. Ограничения по количеству подключаемых к АРМ лавинно-обвальных извещателей отсутствуют.

Работа лавинно-обвального извещателя осуществляется в нескольких режимах: режим программирования/установки, режим ожидания и режим сигнализации. Первые пять минут после включения питания модуль находится в режиме программирования. За данное время пользователь может внести изменения в настройки устройства либо установить прибор в рабочее положение. Настройка производится через USB порт. Все параметры работы сохраняются в энергонезависимой памяти устройства. По истечении 5 минут модуль производит измерение начального угла наклона шеста относительно вертикали и передает диспетчеру данные о его величине. В режиме ожидания события в целях контроля работоспособности аналогичное сообщение передается на АРМ с заданным интервалом времени (по умолчанию, раз в сутки). АРМ диспетчера может быть сопряжен с различными исполнительными устройствами (светофор, шлагбаум, звуковой сигнал и т.д.) в т.ч. уже имеющимися на объектах. Таким образом, при срабатывании сигнализации возможно автоматическое срабатывание соответствующих исполнительных устройств.



Рисунок 2. Лавинно-обвальный извещатель в месте установки.

Извещатель непрерывно измеряет угол отклонения шеста от вертикали и сравнивает текущее значение этого угла с начальным. В случае отклонения шеста на заданную величину немедленно начинается процесс передачи SMS сообщения с информацией о событии. При этом устройство переходит в режим сигнализации. В данном режиме интервал оповещения диспетчера сокращается (интервал задается потребителем, по умолчанию, равен одному часу). Это необходимо для увеличения вероятности приема диспетчером SMS в случае, если передача сообщения затруднена метеоусловиями.

С целью обнаружения местонахождения устройства в случае завала его снегом и для поддержания точного времени данное устройство может быть дополнительно оборудовано GPS/GNSS приёмником, что, в свою очередь, повысит точность определения времени схода лавины.

Для экономии заряда батарей GSM модуль включается только во время передачи SMS сообщения. Всё остальное время работает только малопотребляющий микроконтроллер с датчиком наклона. Питание модуля осуществляется от трёх батарей типа АА. Время автономной работы устройства в основном зависит от частоты отправки SMS в режиме ожидания и превышает 6 месяцев в зависимости от скорости саморазряда батарей и температуры окружающей среды. Рабочий диапазон температур устройства $-40...+80$ °С. Высокая надежность модуля обусловлена отсутствием в нем механических деталей.

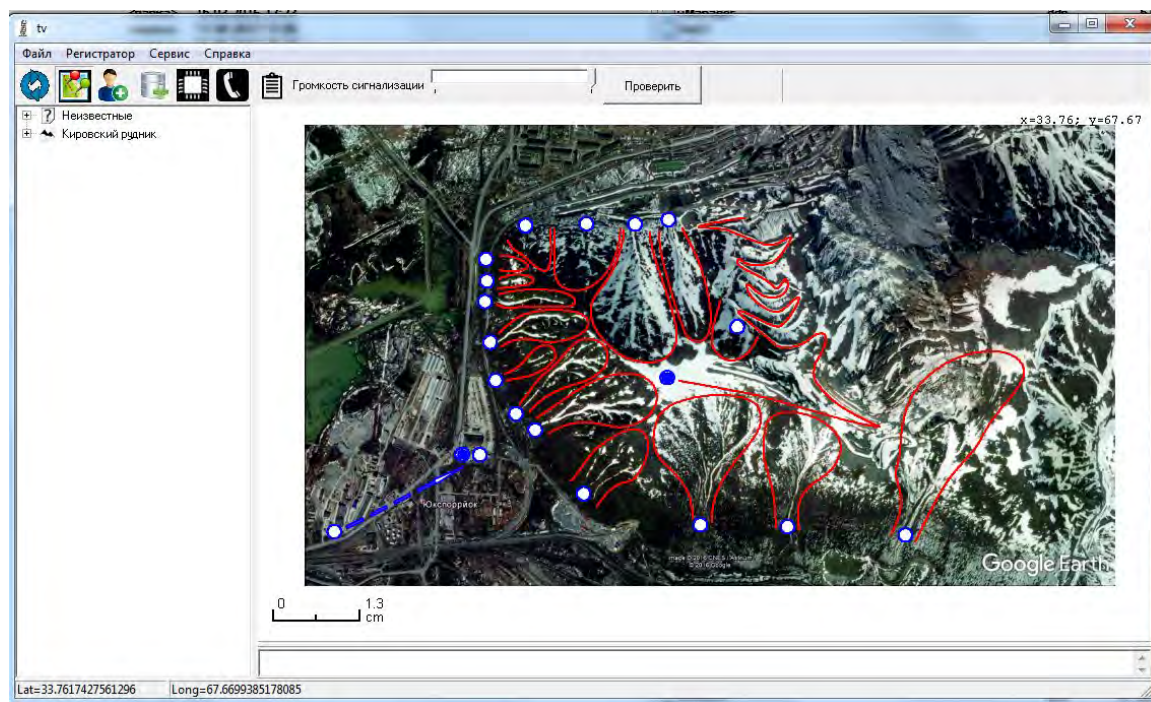


Рисунок 3. Интерфейс домашней страницы программного комплекса приема информации от лавинно-обвальных извещателей.

Вес программно-аппаратного модуля с батареями около 0,1 кг. Размер модуля с батареями около 15 см. На рис. 1 слева программно-аппаратный модуль интегрирован в герметичный ударопрочный контейнер, закрепленный на шесте. Длина устройства, представленного на рисунке 1,5 м, вес около 2 кг. Крепление программно-аппаратного модуля может осуществляться и к другим конструкциям, в зависимости от регистрируемого явления (лавины, сель, оползень, камнепад, паводок и т.п.) и его характеристик, а также исходя из удобства эксплуатации. Для более качественной индикации лавин (селей, оползней, камнепадов и т.д.) и отделения помех, вызванных воздействием человека, животных и других причин, рекомендуется размещать не менее двух устройств вдоль линии движения лавины. В зависимости от порядка срабатывания модулей и временного интервала между срабатыванием можно судить об их причинах (анализ может выполняться автоматически программным способом).

Весной 2016 г. комплекс и его составляющие испытывались в лабораторных условиях, а в зиму 2016-17 г.г. в полевых условиях в Хибинах. Извещатели (всего испытывалось 8 извещателей) устанавливались на конусах выноса лавиносборов г. Юкспор, пересекаемых железной дорогой. За время работы оповещателей с декабря по июль были зарегистрированы все достигшие их лавины. В долине Гакмана был зарегистрирован водоснежный поток. Имел место один отказ извещателя из-за программной ошибки в первом его варианте

и повреждения датчика блоком питания (из-за слабого крепления внутри корпуса, хотя, корпус остался не поврежденным) при ударе лавиной. Выявленные недостатки были устранены. Извещатели показали высокую надежность и передавали сигналы даже находясь под снегом и в воде. Хотя для использования рекомендуется использовать литиевые батареи, но отказов из-за потери питания не наблюдалось даже при использовании щелочных батарей. Помимо низкой стоимости (стоимость в десятки раз ниже вышеупомянутых систем), простоты применения и надежности к достоинствам системы можно отнести возможность ее применения для широкого круга явлений (лавины, сели, водоснежные потоки, оползни, камнепады, паводки). Помимо информации о достижении лавиной определенного места, очень полезной может быть информация о первых лавинах в регионе, что может интерпретироваться, как начало лавиноопасного периода. В случае использования предупредительного спуска лавин в условиях плохой видимости, с помощью системы может быть получена информация о его результатах. В том и другом случае извещатели желательно устанавливать в зоне зарождения лавин (например, под установками GAZEX) или близко к ней. Испытания показали, что предлагаемый комплекс может найти широкое применение в области предотвращения ущерба от опасных гравитационных склоновых процессов.

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДВИЖУЩЕГОСЯ СНЕГА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ДИНАМИКУ ЛАВИННОГО ПОТОКА

Эглит М.Э.¹, Якубенко А.Е.², Дроздова Ю.А.³

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²Институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

³Российский государственный университет нефти и газа
им. И.М.Губкина, Москва, Россия

Аннотация. Рассматриваются возможные виды реологических соотношений, то есть связей между напряжениями и деформациями, для снега в сухих и мокрых плотных лавинах. С использованием этих связей строятся новые современные математические и численные модели лавинных потоков, позволяющие рассчитывать не только средние по толщине потока скорости, но и величины скоростей на разных расстояниях от дна. Численно исследуется влияние различных реологических свойств на динамику лавинных потоков.

Ключевые слова: математическое моделирование, реологические свойства, снежные лавины.

RHEOLOGICAL PROPERTIES OF MOVING SNOW AND THEIR INFLUENCE ON AVALANCHE DYNAMICS

M.E. Eglit¹, A.E. Yakubenko², Ju.A. Drozdova³

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²Institute of Mechanics Lomonosov Moscow State University,
Moscow, Russia

³Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow, Russia

Abstract. Possible types of rheological relationships i.e. between stress and deformation of snow in dry and wet dense avalanches are considered. Using these relations, new advanced mathematical and numerical models of avalanche flows are constructed that not only enable the calculation of average flow velocities but also velocities at different distances from the bottom. The influence of various rheological properties on the dynamics of avalanche flows is investigated numerically.

Key words: mathematical modeling, rheological properties, avalanches.

Работа посвящена математическому и численному моделированию снежных лавин из плотного сухого или влажного снега. В моделях, применяемых до настоящего времени, лавина рассматривается либо как материальная точка, либо как поток сплошной среды, но при этом используются уравнения, осредненные по толщине потока, аналогично подходу, принятому в гидравлике открытых потоков [1]. Модели гидравлического типа используются для оценки порядка скоростей и

давлений, а также дальности выброса лавин. Однако они не дают возможности рассчитать скорости в лавинном потоке на разных расстояниях от дна, что необходимо для расчета распределения сил, действующих на объекты при ударе лавины. Кроме того, эти модели содержат коэффициенты, характеризующие интегрально сопротивление движению. Эти коэффициенты могут быть определены только калибровкой модели для каждого региона, типа склона и снега с помощью обратных расчетов измеренных сошедших лавин. Измерениями в экспериментальных лотках найти коэффициенты гидравлических моделей нельзя.

С появлением мощных доступных компьютеров и развитием вычислительных методов стало возможным строить более подробные модели, описывающие структуру потока не только в продольном направлении, но и вдоль нормали к склону. Такое описание требует расчета процессов, происходящих внутри потока. Для этого, в частности, необходимо знание реологических соотношений, то есть уравнений, связывающих напряжения внутри среды с характеристиками деформирования и течения.

Реологические соотношения определяются физической природой материала. Путь их построения состоит в предварительном постулировании их вида на основе наблюдаемых эффектов, вычислении с помощью выбранной модели профилей скорости и других параметров для потоков в простых ламинарных течениях и сравнении результатов расчета с данными измерений в таких течениях в экспериментальных лотках [2].

Простейшим является предположение, что плотную снежную лавину можно описать как поток линейно-вязкой (ньютоновской) несжимаемой жидкости с большой величиной коэффициента вязкости μ . Тогда для простого сдвигового потока, в котором все частицы движутся параллельно дну (вдоль оси x), а величина скорости зависит только от расстояния от дна (от координаты z вдоль нормали к дну), реологическое соотношение имеет вид $\tau = \mu \dot{\gamma}$, где $\tau \equiv \tau_{xz}$ - сдвиговое

(касательное) напряжение, $\dot{\gamma} \equiv \frac{\partial v_x}{\partial z}$ - скорость сдвига, μ - коэффициент

вязкости. Такая модель рассматривалась, например в [3, 4, 5]. В частности, в работе [3] для сухих плотных лавин в результате обработки данных измерений в лотке были предложены следующие значения параметров: $\rho = 200 \text{ кг/м}^3$, $\mu / \rho \equiv \nu = 10^{-3} \text{ м}^2 / \text{с}$. Однако более точные измерения профилей скорости [2] показывают необходимость более сложных, нелинейных моделей. К тому же лавины, в противоположность потокам вязкой жидкости, могут останавливаться на наклонных склонах, что означает, что лавинный снег обладает пределом

текучести: он течет деформируясь, только когда касательные напряжения превосходят некоторый предел (предел текучести); в противном случае он покоится или движется без деформирования, как твердая доска [6]. В этой работе для задания реологических свойств движущегося материала принимается так называемая модель Хершеля – Балкли, которая (в числе других) предлагалась ранее для описания как геофизических, так и других потоков с взвешенными твердыми частицами, широко используемых в горнодобывающей и других отраслях промышленности. Согласно модели Хершеля – Балкли в простом сдвиговом потоке при ламинарном режиме выполнены следующие соотношения, связывающие сдвиговое напряжение τ со скоростью сдвига $\dot{\gamma}$:

$$\text{Если } |\tau| < \tau_0, \text{ то } \dot{\gamma} = 0 ; \text{ если } |\tau| \geq \tau_0, \text{ то } |\tau| = \tau_0 + K \dot{\gamma}^n . \quad (1)$$

Здесь τ_0 - предел текучести (среда не деформируется, если сдвиговое (касательное) напряжение меньше τ_0); $K > 0, n > 0$ - постоянные. Величины τ_0, K, n определяются экспериментально для каждой среды. При $\tau_0 = 0, n = 1$ уравнения (1) соответствуют линейно-вязкой жидкости, K - коэффициент вязкости. При $\tau_0 \neq 0, n = 1$ среда называется бингамовской жидкостью, при $\tau_0 = 0, n \neq 1$ - степенной. В работе [2] описаны результаты измерений ламинарных потоков влажного снега в экспериментальном лотке. Измерялись стационарные профили скорости при движении по лотку с постоянным уклоном без захвата подстилающего слоя. Авторы заключают, что измеренные профили скорости достаточно хорошо описываются с помощью модели Хершеля – Балкли со следующими значениями параметров: $\rho = 400 \pm 50 \text{ кг/м}^3$, $\tau_0 = 740 \pm 100 \text{ кг/м} \cdot \text{с}^2$, $n = 2$, $K / \rho = 0.889 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. В работе [3] для снега с плотностью $\rho = 250 - 300 \text{ кг/м}^3$ предложено $\tau_0 = 540 \text{ кг/м} \cdot \text{с}^2$, а в [4] для флюидизированного снега с той же плотностью $\tau_0 = 10^{-2} \text{ кг/м} \cdot \text{с}^2$. Ламинарные нестационарные склоновые потоки сред, подчиняющихся моделям, которые являются частными случаями моделей Хершеля – Балкли, с учетом захвата подстилающего материала рассматривались в [5, 7, 8]; турбулентные (без захвата массы) в [9], с учетом массообмена в [8, 10].

Дополнительным важным фактором, существенно влияющим на динамику лавинного потока, является то, что поток захватывает и вовлекает в движение снег, лежащий на склоне (а иногда и грунт). Для учета этого фактора необходима формулировка соответствующего

физического закона. Захват может происходить на переднем фронте потока, который сдвигает лежащий впереди снег, действуя аналогично бульдозеру. Такой механизм предполагался, в частности, в [1]. Кроме того, захват может происходить и вдоль всей нижней поверхности потока. В этой работе используется следующая гипотеза относительно захвата материала из подстилающего слоя [5]: захват происходит тогда, когда касательное напряжение на дне потока достигает значения предела прочности на сдвиг слоя, по которому движется поток. Величина скорости вовлечения при этом определяется в результате расчета касательного напряжения на дне при решении задачи.

Для исследования влияния реологических свойств на динамику потока, и, в частности, на наличие или отсутствие вовлечения подстилающего слоя и на скорость этого вовлечения, были проведены серии расчетов движения лавины вдоль длинного однородного склона с постоянным углом наклона. Внимание было сфокусировано только на части лавинного потока, в которой толщина потока в некотором приближении может считаться одинаковой вдоль тела потока, хотя и увеличивающейся со временем за счет захвата подстилающего материала.

Основные выводы, следующие из анализа результатов расчетов потоков с различными реологическими свойствами на длинных однородных склонах, следующие.

1. В потоках сред, обладающих пределом текучести, вблизи верхней поверхности имеется слой, в котором скорости всех частиц во всех точках одинаковы; толщина этого слоя зависит от величины предела текучести, плотности, угла склона. При движении с захватом снега толщина квазитвердого слоя растет, но медленнее, чем полная толщина потока.

2. За счет захвата подстилающего материала скорость и толщина потока увеличиваются.

3. При движении по длинному однородному склону с захватом массы, при больших временах от начала захвата, независимо от реологических свойств потока, скорость на поверхности потока, а также средняя по сечению скорость и глубина потока растут со временем линейно, пока продолжается захват, то есть, пока не исчерпан весь доступный слой снега, поверх которого движется лавина.

4. Для всех исследованных моделей скорость захвата донного материала со временем стремится при продолжающемся захвате к константе, величина которой зависит лишь от угла склона и физических свойств материалов потока и склона, но не от текущего значения средней скорости или глубины.

5. Наличие предела текучести затягивает начало вовлечения подстилающего слоя снега, уменьшает скорость потока и скорость

вовлечения снега по сравнению с потоками среды, не обладающей пределом текучести.

Литература

1. M.E. Eglit. Some mathematical models of snow avalanches. // *Advances in the Mechanics and the Flow of Granular Materials*, M. Shahinpoor, editor, Vol. 2, Trans Tech Publ., Clausthal - Zellerfeld, and Gulf Publ. Co., Houston, Texas, 1983, P. 577-588.
2. Kern, M., F. Tiefenbacher, and J. McElwaine. The rheology of snow in large chute flows. // *Cold Regions Science and Technology*. 2004. V.39. P. 181–192. 2. 3. Dent, J.D., Burrell, K.J., Schmidt, D.S., Louge, M.Y., Adams, E.E., and Jazbutis, T.G. Density, velocity and friction measurements in dry-snow avalanche. // *Annals of Glaciology*. 1998. V. 26. P. 247-252.
4. Nishimura, K. and Maeno, N. Contribution of viscous forces to avalanche dynamics. // *Annals of Glaciology*. 1989. V. 13. P. 202-206.
5. Issler D., and Pastor Pérez, M. Interplay of entrainment and rheology in snow avalanches; a numerical study. // *Annals of Glaciology*. 2011. V. 52 (58). P. 143-147.
6. Issler, D. Experimental information on snow avalanches. // Hutter, K. and N. Kirchner, ed. *Dynamic response of granular and porous materials under large and catastrophic deformations*. 2003. Berlin, Springer. P. 109–160.
7. M.E. Eglit, A.E. Yakubenko. Numerical modeling of slope flows entraining bottom material. // *Cold Regions Science and Technology*. 2014. V.108. P. 139–148.
8. Зайко Ю.С. Математическое моделирование склоновых потоков с различной реологией. // *Известия РАН. Механика жидкости и газа*. 2016. №4. С. 3-11
9. Романова Д.И. 3D моделирование лавинного потока в пакете OpenFOAM. // *Труды Института системного программирования РАН*. 2017. 29 (1), С 85-100.
10. Эглит М.Э., Якубенко А.Е. Влияние захвата донного материала и неньютоновской реологии на динамику турбулентных склоновых потоков. // *Известия РАН, Механика жидкости и газа*. 2016. №3. С. 3-15.

HAZARD MAPPING OF SNOW AVALANCHE FLOW WITH POLYNOMIAL CHAOS QUADRATURE

K. Nishimura ¹, K. Tsunematsu ², K. Mori ³, A. Patra ⁴

¹Graduate School of Environmental Science, Nagoya University,
Nagoya, Japan

²Mount Fuji Research Institute, Yamanashi Prefectural Government,
Fuji-Yoshida, Yamanashi, Japan

³ITOCHE Techno-Solutions Corporation, Tokyo, Japan

⁴University at Buffalo, The State University of New York
Buffalo, NY, U.S.A.

Abstract. Snow avalanche simulation with the mass flow model TITAN2D, which is developed to describe the lava flow and land slide, was carried out and verified it can be a strong tool to describe the snow avalanche motion as well. Then, we tried to draw the snow avalanche hazard map with taking into account the uncertainty of the model input parameters with the Polynomial Chaos Quadrature method (PCQ).

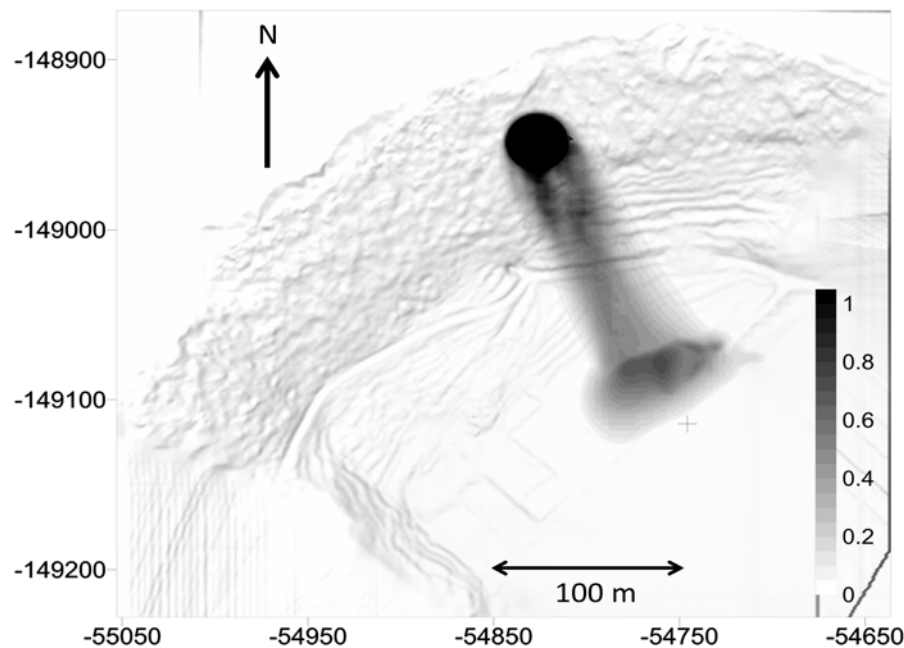
Key words: snow avalanche, hazard map, Titan2D, Polynomial Chaos Quadrature (PCQ)

Mostly half of the area in Japan is covered with snow in winter. In some of the area, the snow depth amounts more than 4 m. Even in such a heavy snow area, we do have a national highway. On the other hand, along the Japan Sea, such as in Hokkaido, we suffer from extremely strong wind in winter due to the monsoon from the continent. Snow cornices often develop along the ridge and large amount of snow drift deposits leeside of the mountain. Under these circumstances, snow avalanche gives substantial effects on the residents who live in the cold snowy region. It causes numerous casualties and destroys houses, roads, railway and various structures. Therefore, efficient installation of the protective structures and accurate evaluation of hazardous area are very important. However, in Japan, the empirical rule has been still utilized occasionally to estimate the dangerous area. Quantitative estimates of snow avalanche flow speed, flow distance and height of debris, based on physics, have not been carried out and no avalanche hazard map exists. Although, several snow avalanche dynamics models, such as the mass-point model and rigid-body model, have been developed so far, they give neither the flow height nor its spread over the topography.

Based on above background, we have started the snow avalanche simulation with applying the mass flow model TITAN2D (Patra et al, 2005). The model is 2D-depth averaged shallow water equation and was originally developed to describe the lava flow and land slide. We applied the model to the chute flow experiments with snow and the real snow avalanches in nature,

and revealed that TITAN2D can be a strong tool to describe the snow avalanche motion as well.

Then, we tried to draw the snow avalanche hazard map in the study area with taking into account the uncertainty of the model input parameters: volume, bed friction angle and the position of the release. We introduced the Polynomial Chaos Quadrature method (PCQ) and probability of the avalanche arrival was evaluated. The idea is originated with Wiener in 1938, before computers are getting popular. ‘Chaos’ simply refers to uncertainty and shows how uncertainties of a dynamical system’s inputs manifests in its outputs. ‘Polynomial’ refers to use of polynomial expansions to propagate uncertainties. Idea is to exploit orthogonality of the polynomials and has been attested it is much more efficient than Monte Carlo models (Dalbey et al., 2008). Figure 1 shows an example of the hazard map which indicates the probability of the arrival of avalanche flow higher than 0.4 m, when the bed friction and the release volume are set from 10 deg. to 30 deg. and 10^3 m^3 to $2 \times 10^4 \text{ m}^3$ respectively.



Figures 1. Snow avalanche hazardmap.

References

1. Patra, A. K., Bauer, A. C., Nichita, C. C., Pitman, E. B., Sheridan, M. F., Bursik, M., Rupp, B., Webber, A., Stinton, A. J., Namikawa, L. M., and C. S. Renschler, Parallel adaptive numerical simulation of dry avalanches over natural terrain. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 2005, 139, 1-21.
2. Dalbey, K., Patra, A.K., Pitman, E.B., Bursik, M.I., Sheridan, M.F., Input uncertainty propagation methods and hazard mapping of geophysical mass flows. *J. Geophys. Res.* 113, 2008, 5203-5219.

AVALANCHE FORECASTING SYSTEM DEVELOPED BY NATIONAL RESEARCH INSTITUTE FOR EARTH SCIENCE AND DISASTER RESILIENCE, JAPAN

S. Yamaguchi¹, H. Hirashima¹, Y. Ito¹, H. Motoyoshi¹, M. Nemoto²

¹Snow and Ice Research Center (SIRC), National Research Institute for Earth
Science and Disaster Resilience (NIED), Japan

²Shinjo Cryospheric Environment Laboratory, SIRC, NIED, Japan

Abstract. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience has developed the Snow Disaster Forecasting System (SDFS) since 2004. In this paper, we mainly introduce the part of avalanche potential forecasting of the SDFS. The avalanche potential forecasting consists of three parts: First part is the meteorological nonhydrostatics model to forecast meteorological condition. Second part is the snow cover model to forecast snow condition. Third part is the avalanche dynamics model to simulate the behavior of avalanche. We have performed tests to forecast avalanche risk potential throughout the several winter seasons with many counterparts for improvement of our system.

Key words: avalanche, Japanese snow condition, forecasting system.

1. Background.

Figure 1 shows the snow cover condition in Japan. Japan has long areas from 44 to 32 degrees north latitude, thus we have various snow conditions. In the northern part of Japan (Hokkaido Island), the main grain type of snow cover is developed depth hoar like Siberia while the main grain type in the central part of Japan (Honshu Island) is wet snow even though in the Midwinter because of warm condition. As a background of these complicated snowy conditions, Japan has various disasters related with snow and ice as following:

Avalanche: every type of avalanches (surface layer avalanches with dry / wet, full depth avalanches, and also slush avalanches) occurs. Every winter, several people, most of them were back country skiers, are killed by avalanche accidents. Moreover, a lot of roads, which are the main road to connect with each town, are stopped due to avalanche risk potentials.

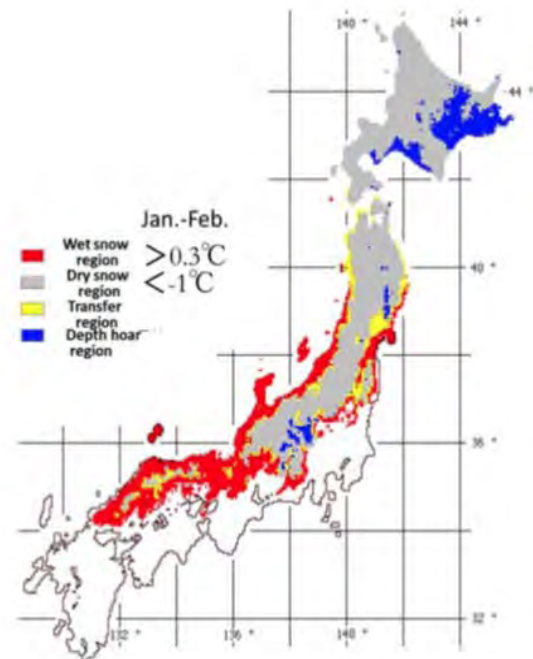


Figure 1. Snow cover condition in Japan (Ishizaka, 1995).

Snow accretions: Snow falls in Honshu Island frequently occur around 0 °C, thus power lines have sometimes severe problems due to snow accretion. In addition, snow fallings from the bridges and traffic signs on the road sometimes attack cars or human being and cause serious problems.

Blowing snow: Strong blowing and drifting snow cause severe traffic accidents, and reduce quality of life and human activity (Especially in Northern Japan, Hokkaido). They induce low visibility due to snowdrift on roads. Moreover, snow cornices are developed by snowdrift on the leeward of slopes in the mountain sites and they lead to avalanche release.

Other disasters: Landslides and floods resulting from snow melting are also severe problems. Snow road accidents are still big problems and recently, accidents during snow removal are on the increase.

To mitigate these disasters, Snow and Ice Research Center at the National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (SIRC/NIED) has developed the Snow Disaster Forecasting System (SDFS) since 2004 (Nakai et al., 2012). The SDFS has the capability to predict avalanche potential, visibility in blowing snow, snow conditions on roads, and snow accretion potential. In this manuscript, we mainly introduce the part of avalanche potential forecasting in the SDFS.

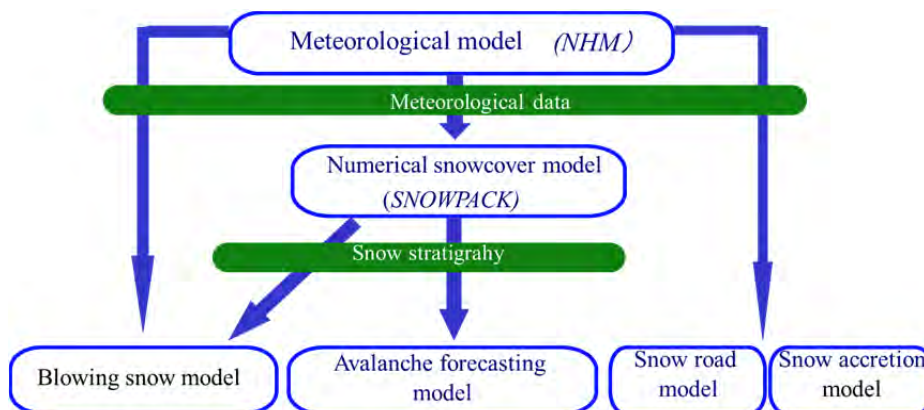
2. Avalanche forecasting system in the SDFS

Figure 2 shows the schematic diagram of the snow disaster forecasting system (SDFS). The avalanche forecasting system in the SDFS consists of three parts: First part is the meteorological model (JMANHM developed by Japan Meteorological Agency (Saito et al., 2006)) to forecast meteorological condition with 28 hours ahead and 1.5 km x 1.5 km spatial resolution. Second part is the snow cover model (SNOWPACK developed by the WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF,) to forecast snow condition. As mentioned above, wet snow condition is dominant in Honshu Island in Japan, the disasters related to wet snow, such as wet snow avalanche, are serious problems. Based on this background, we have improved the water transportation simulation scheme in SNOWPACK to apply Japanese snow condition (Hirashima et al., 2010). In the snow condition simulation, we can select the input data whether using data simulated by JMANHM or using measured data. Third part is the avalanche dynamics model (TITAN 2D developed by University at Buffalo) to simulate the behavior of avalanche, such as velocity distribution, its arrival point and so on. In the avalanche dynamics simulation, the initial volume of the avalanche is estimated using the simulation results of SNOWPACK and the area information of avalanche occurrence district.

We have performed tests to forecast avalanche risk potential throughout the several winter seasons with many counterparts for improvement of our system. In the test, we selected several slopes, which the counterparts decided

for simulation of avalanche risk management, and then we simulate the avalanche risks for each slope.

Figure 2. The schematic diagram of the snow disaster forecasting system.



3. Further studies - Improvement of Avalanche forecasting system -

Recently, a lot of serious avalanche accidents caused by the weak layers composed of precipitation particles occurred and killed many people in Japan (e.g. Yamaguchi et al., 2016; Nakamura et al., 2017). These accidents occurred under the synoptic condition of Low pressure precipitation system. We consider that introduction of the physical features of no rimed crystal, which sometimes occurs with the Low pressure system and becomes a weak layer, to the avalanche forecasting system should be essential for forecasting the avalanche caused by precipitation particles. From this viewpoint, we have developed and managed the observation system for detailed falling snow characteristics (Ishizaka et al., 2012, 2016). We have also analyzed the weak layers composed of precipitation particles using a micro CT system to obtain their physical features (Nakamura et al., 2015). In parallel, we have just started to introduce the characteristics of falling snow, such as crystal types (snow flake, graupel, riming or not riming, wet or dry ect.) to the snow cover model.

To improve avalanche dynamics model, we have managed the avalanche observation site (Hiziori site) in Yamagata Prefecture to obtain the verification data of the model using a web camera (Fig. 3 a). Using the Hiziori site, we also have just started connecting between the blowing snow model, snow cover model and avalanche dynamics model, namely redistribution of snow including development of cornices is simulated using the blowing snow model at first, then snow condition is simulated using the snow cover model with consideration of snow redistribution effect. Finally avalanche behavior is simulated using the avalanche dynamics model based on the estimation of the avalanche volume of resulting from the predicted weak layer by the snow cover model.

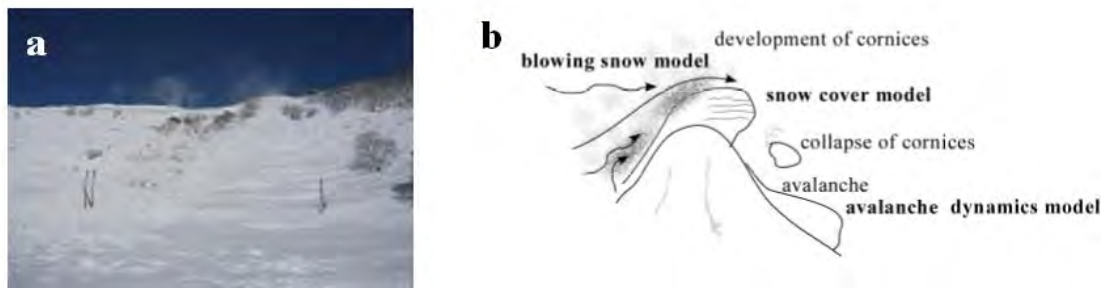


Figure 3. Avalanche observation site at Hiziori (a) and concept of connection with several models (b).

References

1. Hirashima, H., Yamaguchi, S., Sato, A., Lehing, M., 2010. Numerical modeling of liquid water movement through layered snow based on new measurements of the water retention curve. *Cold Regions Science and Technology*, 64, 94-103.
2. Ishizaka, M., 1995. Climatic division of snow cover environments in Japan using the mesh climatic data. *Seppyo*, 57 (1) (1995), pp. 23-34. [Japanese with English abstract]
3. Ishizaka M., Motoyoshi H., Nakai, S., Shiina, T., Kumakura, T., and Muramoto, K., 2013 A New Method for Identifying the Main Type of Solid Hydrometeors Contributing to Snowfall from Measured Size-Fall Speed Relationship. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 91, 747-762, doi:10.2151/jmsj.2013-602.
4. Ishizaka M., Motoyoshi H., Yamaguchi S., Nakai S., Shiina T., and Muramoto K., 2016. Relationships between snowfall density and solid hydrometeors, based on measured size and fall speed, for snowpack modeling applications. *The Cryosphere*, 10, 2831-2845. doi:10.5194/tc-10-2831-2016.
5. Nakai, S., Sato, T., Sato, A., Hirashima, H., Nemoto, M., Motoyoshi, H., Iwamoto, K., Misumi, R., Kamiishi, I., Kobayashi, T., Kosugi, K., Yamaguchi, S., Abe, O., Ishizaka, M., 2012. A Snow Disaster Forecasting System (SDFS) constructed from field observations and laboratory experiments. *Cold Regions Science and Technology*, 70, 53-61.
6. Nakamura, K., Abe, O., Kosugi, K., 2015. Development of the method of 3 dimensional snow microstructure analyses using the micro-CT and its application to investigation of weak layers of the surface avalanche. *Tohoku no Yuki to Seikatsu*, 30, 75-80. [Japanese].
7. Nakamura, K., Kosugi, K., Nemoto, M., 2017. Research Report of the avalanche at Nasu-Onsen ski filed in 28 Mar, 2017. http://www.bosai.go.jp/seppyo/kenkyu_naiyou/seppyouisaigai/2017/report_20170328_NasuOnsen.pdf. [Japanese].
8. Saito, K., Fujita, T., Yamada, Y., Ishida, J., Kumagai, Y., Aranami, K., Ohmori, S., Nagasawa, R., Kumagai, S., Muroi, C., Kato, T., Eito, H., Yamazaki, Y., 2006. The operational JMA nonhydrostatic mesoscale model. *Monthly Weather Review* 134, 1266–1298.
9. Yamaguchi, S., Nakamura, K., and Kamiishi, I., 2016. Research Report on the Simultaneous Multiple Avalanche Accidents that Occurred in January, 2015. *Natural Disaster Research Report*, 49, 101-105. http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_natural_disaster/pdf/49/49-14.pdf. [In Japanese with English abstract].

Раздел VIII.

**Оценка лавинной опасности
и защита от лавин.**



Section VIII.

**Avalanche danger rating;
avalanche protection.**

УТОЧНЕННАЯ ОЦЕНКА ЛАВИННОЙ ОПАСНОСТИ В РАЙОНЕ СНЕГОЛАВИННОЙ СТАНЦИИ «ШЫМБУЛАК»

Жданов В.В.

Институт географии МОН РК, Алматы, Казахстан

Аннотация. Оценка лавинной опасности в районе горнолыжного курорта «Шымбулак» имеет большое практическое значение, так как эта территория активно посещается туристами. В настоящее время используются карты-схемы, составленные начальником снеголавинной службы Кондрашовым И.В., по материалам наблюдений за период 1966-1991 гг. За последние годы произошли значительные изменения в режиме лавин и расположении туристических объектов. Поэтому назрела необходимость провести новую оценку лавинной опасности территории с использованием свежих материалов наблюдений за 1966-2016 гг. В работе собраны и проанализированы данные о сходе лавин, их характеристиках, пространственной и временной изменчивости. Уточненные данные используются для обновления карт лавинной опасности и калибровки математических моделей лавин.

Ключевые слова: лавинная опасность, оценка, картирование лавин, карты-схемы.

A REVISED ASESMENT OF SNOW AVALANCHE RISK IN THE REGION OF THE SKI RESORT "SHYMBULAK"

V.V. Zhdanov

Institute of Geography, Almaty, Kazakhstan

Abstract. The assessment of avalanche risk in the region of the ski resort "Shymbulak" is of great practical importance, since this area is frequented by tourists. Currently, schematic maps are used that have been compiled by the chief of the snow avalanche service Kondrashov IV based on observations for the period 1966-1991. In recent years there have been significant changes in the avalanche regime and the location of tourist infrastructure. Therefore, there is a need to conduct a new assessment of avalanche risk areas using updated observational data for the period from 1966-2016. New data on avalanches, including their characteristics and spatial and temporal variability were collected and analyzed. The revised data are used to update avalanche hazard maps and to calibrate mathematical models of avalanches.

Key words: avalanche risk, estimate, avalanche mapping, maps.

История снеголавинной службы и снеголавинных исследований в Казахстане.

После экстремально снежной и лавиноопасной зимы 1965-1966 гг. было принято решение об организации снеголавинных работ при управлении гидрометслужбы КазССР. С этого времени начались регулярные наблюдения за снежными лавинами на двух снеголавинных станциях (СЛС) в окрестностях города Алматы (Алма-Ата). Чуть позже был начат выпуск ежедневных снеголавинных прогнозов в зонах ответственности СЛС. Затем были открыты снеголавинные наблюдения

в других горных районах – в Жетысуском (Джунгарском) Алатау и на Алтае.

За годы работы снеголавинной службы в КазССР был проведен анализ и оценка лавинной опасности, собран статистический материал. Эта информация послужила основой для создания карт лавинной опасности (Северский, 1978; Северский, Благовещенский, 1983). Для бассейна реки Киши Алматау в Иле Алатау начальником СЛС «Шымбулак» И.В. Кондрашовым была составлена карта-схема лавинной опасности М 1:50 000 (рисунок 1). Подобные карты составлены для лавиноопасных участков в районах городов Текели, Риддер, Серебрянск и Зыряновск.

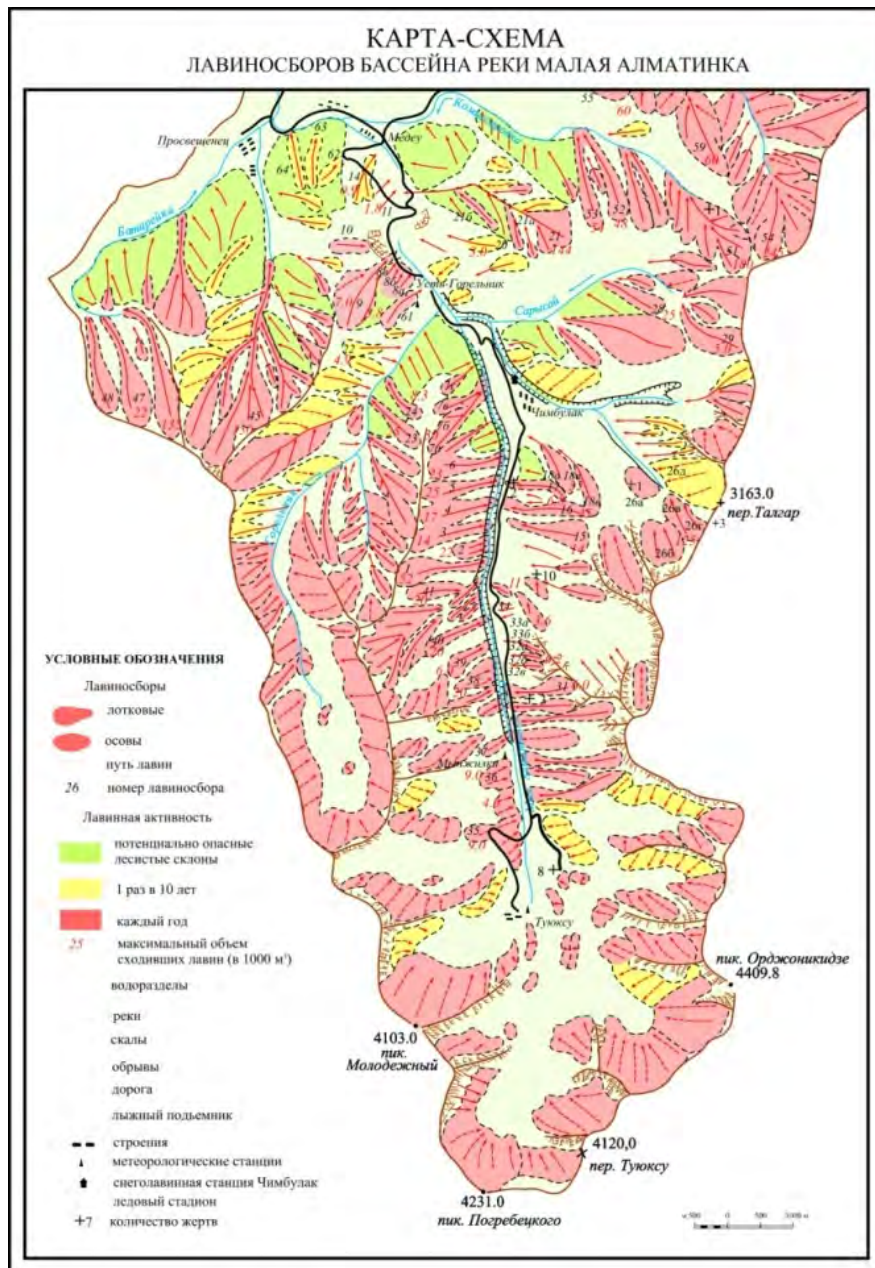


Рисунок 1. Карта-схема лавинной опасности в районе СЛС «Шымбулак», по состоянию на 1991 г.

Современные работы по оценке и картированию лавин.

С распадом СССР и экономическим кризисом снеголавинная служба в Казахстане была упразднена, регулярные наблюдения не проводились. Однако с развитием туристского и горнолыжного бизнеса возникла необходимость возрождения снеголавинных работ. Основным потребителем снеголавинной информации стало Министерство (ныне Комитет) по Чрезвычайным Ситуациям. Комитет является координатором штормовой информации о сходе лавин, занимается оповещением населения и заинтересованных организаций и превентивными мерами борьбы с лавинами.

Специалисты по лавинам из Казгидромета и Института географии модернизировали карты лавинной опасности. Первый этап работы, проведенный в начале 2000 годов, заключался в переводе карт с бумажных на электронные носители. Это сделало работу с картами более удобной, позволило оперативно распечатывать карты и отправлять потребителям.

Электронная база данных.

В течение последних лет в лаборатории природных опасностей Института географии проведена большая работа по сбору архивной информации из технических отчетов снеголавинных станций. Данные наблюдений за лавинами, снежным покровом и погодой в бассейне реки Киши Алматы за период 1966-2016 гг. собраны в виде электронных таблиц *Excel*.

Электронные таблицы лавин сформатированы по образу сводной ведомости лавин, приводимых в технических отчетах СЛС. Данные о лавинах дополнены сведениями о состоянии снежного покрова и погоды. Также собрана база данных климатической информации, где суммарные ежегодные объемы лавин сопоставлены с климатическими данными метеорологических станций и снегомерных маршрутов. Это позволяет более детально сопоставлять и анализировать условия схода лавин. Эта база данных уже была использована при выполнении нескольких научных тем.

Установлена зависимость лавинной активности с осадками самого лавиноопасного месяца – марта. Также существует цикличность многоснежных зим – раз в 10-15 лет и экстремально снежных – раз в 50-60 лет. На рисунке 2 приведена временная изменчивость суммарного объема лавин и количество мартовских осадков за период 1965-2016 гг. на СЛС «Шымбулак». Данные суммарного объема лавин за 1996-1998 гг., когда наблюдения не проводились, были реконструированы (Жданов, Долгих, 2013).



Рисунок 2. Многолетняя изменчивость лавинной активности и осадков.

Данные из электронных таблиц, позволяют быстро и качественно рассчитать основные характеристики лавин – объемы, повторяемость и т.д. Для обработки удобны статистические программы, например **Statistica** от компании **StatSoft**. Диаграмма распределения количества лавин по лавиносорам за 48 лет наблюдений приведена на рисунке 3. Эти данные важны для выделения самых опасных, наиболее часто срабатывающих лавиносборов. Из диаграммы видно, что наибольшая повторяемость схода лавин отмечается в лавиносорам 26 и 32.

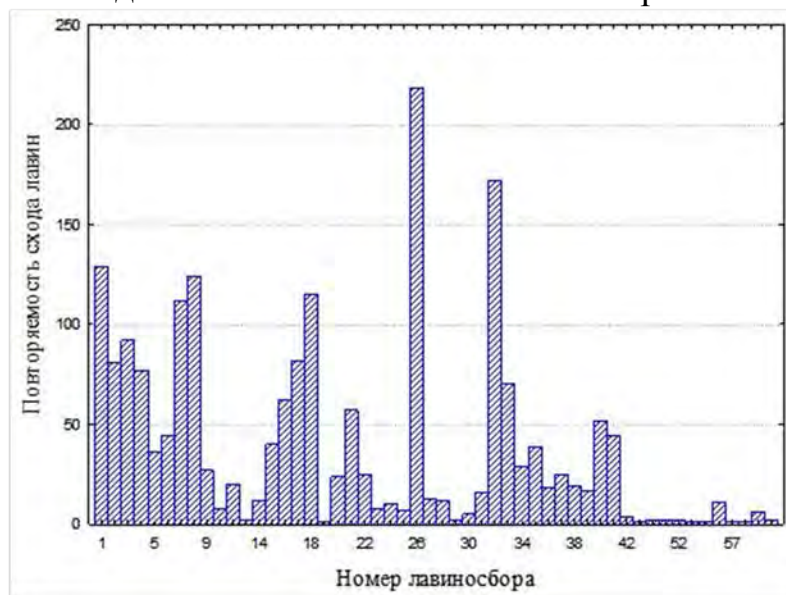


Рисунок 3. Повторяемость схода лавин в лавиносорам.

Эти данные позволяют уточнить режим лавин в районе СЛС «Шымбулак» и внести необходимые исправления в карты-схемы. В отличие от предыдущих версий на обновленных картах используется информация за более длительный период наблюдений. Добавлены данные за 90-е и 2000-е годы.

Планы на будущее.

Следующим этапом обновления карт лавинной опасности и уточнения режима лавин должно стать математическое моделирование с использованием швейцарского программного пакета RAMMS. Сейчас проводится калибровка математических моделей с использованием сведений о реальных лавинах. В дальнейшем откалиброванные коэффициенты в моделях RAMMS позволят моделировать лавины и уточнить карты лавинной опасности.

Благодарности. Хочу поблагодарить коллег, сотрудников снеголавинной станции «Шымбулак» и отдела снеголавинных наблюдений и прогнозов РГП «Казгидромет».

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан. Грант 2306/ГФ4.

Литература

1. Северский И.В. Снежные лавины Заилийского и Джунгарского Алатау. Алма-Ата, Изд-во «Наука», 1978. 255с.
2. Северский И.В., Благовещенский В.П. Оценка лавинной опасности горной территории. Алма-Ата. 1983. 220 с.
3. Жданов В.В., Долгих С.А. Влияние основных метеорологических факторов на лавинную активность // Гидрометеорология и экология. № 1. 2013. С. 7-16.

ЛАВИННЫЕ РИСКИ ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ В САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Казаков Н.А., Генсировский Ю.В.

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

Аннотация. В Сахалинской области лавиноопасны более 500 км железных и автомобильных дорог, линии связи и электропередачи, магистральные нефтегазопроводы. Объёмы лавин, сходящих на транспортные магистрали, достигают 1400000 м³. В 1946 - 2017 г.г. лавинами было разрушено 19 опор линий связи, 12 опор ЛЭП, засыпано 67 единиц автомобильного и 25 единиц железнодорожного транспорта. На автомобильных и железных дорогах в лавинах погибло более 100 человек. Поскольку уязвимость объект зависит как от параметров лавин, так и от характеристик самого объекта, при расчёте лавинных рисков необходимо учитывать класс транспортной магистрали: подземной прокладки, наземной прокладки, надземной прокладки. Расчёт рисков и построение карт лавинных рисков должны выполняться отдельно для каждого типа магистралей.

Ключевые слова: лавинные процессы, лавинные риски.

AVALANCHE RISK FOR TRANSPORTING SYSTEMS IN THE SAKHALIN REGION

N.A. Kazakov, Yu.V. Gensiorovskiy

Sakhalin Department of Far East Geological Institute FEB RAS,
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Abstract. In the Sakhalin Region of the avalanche more than 500 km of Railways and roads, communication lines and transmission main pipelines. The volume of avalanches on highways, reach 1400000 m³. In 1946 - 2017 avalanche destroyed 19 supports of communication lines, 12 transmission towers, covered car 67 units and 25 units of railway transport. On roads and railroads in avalanches killing more than 100 people. As the sensitivity of the object depends on the parameters of avalanches and characteristics of the object, the calculation of avalanche risk, you must consider the grade highways: direct burial, surface installation, ground installation. Risk estimation and mapping of avalanche risk must be run separately for each type of roads.

Key words: avalanche process, avalanche risks.

Введение. Территория Сахалинской области Российской Федерации характеризуется высокой активностью лавинных процессов, которые воздействуют на транспортные магистрали: автомобильные и железные дороги, линии связи и электропередачи, магистральные трубопроводы, канатные дороги и т.д. По мере развития транспортной инфраструктуры на территории области риски от воздействия лавинных процессов на транспортные магистрали всё более возрастают: Лавинные процессы в Сахалинской области развиваются и на равнинной

территории: на склонах речных террас, оврагов, искусственных насыпей и т.д. (Казаков, Генсиоровский, Казакова, 2008).

Постановка задачи и пути решения. Определим лавинный риск R как величину вероятных потерь (социальных, материальных и др.) от нанесения объекту ущерба от воздействия на него лавинных процессов:

$$R=O*U=I*N*U \quad (1),$$

где $O = NI$ – лавинная опасность: показатель активности лавинных процессов, протекающих на данной территории объективно: вне зависимости от степени её освоенности; N – повторяемость лавин заданной интенсивности; I – интенсивность процессов: параметр лавинного процесса, определяющий степень его воздействия на объекты и сооружения и, соответственно, влияющий на их уязвимость; U – уязвимость объекта как возможный ущерб, который лавинные процессы данной повторяемости N и интенсивности I могут ему причинить. U , зависящая от выбора параметра I , является важнейшим параметром при оценке лавинного риска. Однако, характер воздействия лавинных процессов на транспортные магистрали зависит не только от характеристик лавинных процессов, но и от типа самой магистрали, поскольку на разные типы транспортных магистралей негативное воздействие оказывают разные параметры лавинного процесса. Соответственно, U зависит от классов и типов транспортных магистралей. Поэтому при оценке лавинных рисков и разработке проектных решений по защите магистралей от лавин помимо интенсивности использования и стоимости объекта необходимо учитывать класс транспортной магистрали: подземной прокладки, наземной прокладки, надземной прокладки. Расчёт рисков и построение карт лавинных рисков должны выполняться отдельно для каждого типа магистралей.

При оценке N необходимо отдельно учитывать как повторяемость лавин разных генетических классов (поскольку их динамические характеристики сильно различаются, степень их воздействия на сооружения различна), так и типы магистралей: поскольку устойчивость объектов и сооружений разных типов к воздействию лавин разных типов – разная.

В качестве параметров лавинных процессов, выражающих I , необходимо выбирать те, которые отображают энергию лавины и позволяют определить степень воздействия лавины на объект. Поскольку U зависит от того параметра лавинного процесса, который оказывает на объект данного типа максимальное воздействие (Табл. 1), критерий I для конкретного объекта должен выбираться в зависимости от типа самого объекта (Казаков, 2015).

Для расчёта экономических рисков в базовую формулу (1) введём стоимость потерь от воздействия лавинных процессов на объект (сооружение):

$$R=O*U=(I*N*U)*D \quad (2),$$

где D – балансовая стоимость объекта (экономические показатели).

Полная формула расчёта R включает прямой риск R_n – показатель риска повреждения или уничтожения объекта, и косвенный риск R_k – суммарный показатель стоимости потерь, вызванных прекращением либо изменением режима работы объекта, затратами на расчистку лавинных завалов и ликвидацию иных последствий воздействия лавин. Сюда же относятся затраты на реабилитацию и лечение пострадавших работников. Полный риск от воздействия лавинного процесса можно рассчитать как:

Таблица 1.

Воздействие лавинных процессов на транспортные магистрали.

Класс транспортной магистрали	Тип транспортной магистрали	Ущерб от воздействия лавины: уязвимость объекта	Определяемый параметр лавины (интенсивность)
Надземной прокладки	Магистральный трубопровод	Разрушение; повреждение; затруднение доступа эксплуатационных бригад	Давление на препятствие; толщина отложений; высота фронта; вибрации на резонансных частотах конструкций
	Линия связи		
	Линия электропередач	Разрушение; повреждение; уничтожение транспортных средств; гибель людей	
	Автомобильная дорога		
	Железная дорога		
Канатная дорога	Разрушение; повреждение; гибель людей	Высота фронта; вибрации на резонансных частотах конструкций	
Наземной прокладки	Магистральный трубопровод	Разрушение; повреждение; затруднение доступа эксплуатационных бригад	Давление на препятствие; толщина отложений; вибрации на резонансных частотах конструкций
	Автомобильная дорога	Разрушение; повреждение; уничтожение транспортных средств; гибель людей	
	Железная дорога		
Подземной прокладки	Магистральный трубопровод	Разрушение; повреждение; затруднение доступа эксплуатационных бригад; развитие тиксотропных явлений в грунтах; переувлажнение грунтов обратной засыпки	Глубина эрозии; вибрации на резонансных частотах конструкций; продолжительность залегания и объём лавинных снежников

$$R = R_n + \sum R_k \quad (3),$$

где $\sum R_k$ – сумма косвенных рисков.

Например, для оценки уязвимости автомобильной дороги с твёрдым покрытием и железной дороги критерий I – объём лавины, позволяющий рассчитать объём завала дорожного полотна, время простоя дороги и затраты на её расчистку. Для линейного сооружения надземной прокладки (линии связи, электропередачи, канатной дороги) или мостового сооружения предпочтительнее выбрать высоту фронта лавины. Для трубопроводов подземной прокладки следует учитывать воздействие на трубопровод низкочастотных вибраций, возникающих в грунтах при прохождении лавины над трубопроводом, вероятность формирования ям выбивания, глубину лавинной эрозии грунтов и продолжительность существования и объём лавинных снежников, при таянии которых происходит переувлажнение грунтов обратной засыпки и возникает вероятность возникновения тиксотропных явлений. В зависимости от типа и класса транспортной магистрали необходимо учитывать повторяемость лавин разных генетических типов. Так, при оценке рисков для сооружений инфраструктуры необходимо учитывать параметры прежде всего эпигенетических лавин, связанных с перекристаллизацией снежной толщи и лавин мокрого снега – наиболее разрушительных.

Лавинная опасность транспортных магистралей в Сахалинской области. Лавиноопасны более 500 км железных и автомобильных дорог (Казаков, 2000; Жируев и др., 2010). Объёмы лавин, сходящих на транспортные магистрали, достигают на побережьях 30000 м³, а в горах – 1400000 м³. На о-вах Парамушир, Итуруп, Кунашир и Шикотан лавины сходят на автомобильные дороги (Жируев и др., 2010). Объёмы лавин достигают 5000 м³.

На большом протяжении лавиноопасны линии связи и электропередачи и более 21 км трассы магистральных нефтегазопроводов «Сахалин-2»: объёмы лавин здесь достигают 300000 м³, высота фронта – 50 м, толщина лавинных отложений – 10 м (долина р. Пулька; хребет Жданко). Ожидаемые риски – повреждение трубопроводов подземной прокладки вследствие формирования ям выбивания, возбуждения в грунтах низкочастотных колебаний, резонансных собственным колебаниям трубопроводов и разжижение грунтов обратной засыпки под лавинными отложениями. Большая толщина лавинных отложений затрудняет доступ к трубопроводам аварийных и эксплуатационных бригад.

Таблица 2.

Классификация лавинных рисков для транспортных магистралей.

Класс риска	Параметр интенсивности воздействия лавины						Последствия воздействия на транспортные магистрали
	Давление на препятствие, МПа	Высота фронта, м	Макс. объём, тыс. м ³	Глубина эрозии, м	Ширина опасной зоны, м	Класс транспортной магистрали	
	Подземной, надземной и наземной прокладки	Наземной прокладки	Наземной прокладки	Подземной прокладки	Наземной прокладки		
I	>0,98	>50,0	>30,0	>5,0	> 100	Разрушение капитальных сооружений I уровня защищённости; разрушение линейных сооружений подземной прокладки.	
II	>0,029	10,0 – 50,0	10,0 – 30,0	3,0 – 5,0	50 - 100	Разрушение сооружений II и III уровня защищённости; разрушение наземных и надземных линейных сооружений; повреждение сооружений I уровня защищённости.	
III	>0,0049	3,0 – 10,0	1,0 – 10,0	1,0 – 3,0	10 - 50	Разрушение сооружений IV уровня защищённости; повреждение сооружений III уровня защищённости и полотна транспортных магистралей; уничтожение транспортных средств.	
IV	>0,00196	<3,0	<1,0	<1,0	<10	Повреждение транспортных средств; завал транспортных магистралей лавинными отложениями.	
V	-	-	-	-	-	Потенциально опасность; в настоящее время лавинные процессы не проявляются; при антропогенном воздействии на ландшафты вероятна их активизация.	

Ущерб от лавин на транспортных магистралях Сахалинской области. Основные ущербы от лавин на транспортных магистралях в Сахалинской области – как косвенные экономические ущербы от простоя автомобильных и железных дорог и затрат на их расчистку, так и прямые (в т.ч., человеческие жертвы). Нередки повреждения линий связи и транспортных средств. Так, во время массового схода лавин 31.01.– 01.02.1970 г. на железную дорогу сошла 61 лавина; одной из них объемом 1800 м³ был сбит с рельсов тепловоз. 31.03.1982 г. лавина мокрого снега объёмом 600 м³, сошедшая с осового склона, застроенного снегоудерживающими заборами на железную дорогу Южно-Сахалинск – Холмск, сбросила с рельсов 2 пассажирских вагона.

Порой к авариям приводят попытки преодоления лавинных завалов транспортными средствами: 31.01.2005 г. в п. Байково тепловоз, пытаясь пробить конус выноса лавины на железнодорожном полотне (объем – 500 м³, плотность лавинных отложений – 400-450 кг/м³), сошёл с рельсов.

Часто люди погибают в лавинах при расчистке автомобильных и железных дорог во время схода лавин. 16.01.1958 г. при расчистке железнодорожных путей (ж. д. Южно-Сахалинск – Холмск) в лавине погибло 11 человек. 31.12.2009 г. при расчистке лавины, засыпавшей снегоочиститель и тепловоз (ж. д. Южно-Сахалинск – Ноглики) повторной лавиной были засыпаны подъёмный кран, бульдозер, тепловоз и 10 человек; двое из них погибли.

По неполным сведениям в 1946 – 2017 г.г. в Сахалинской области лавинами было разрушено 19 опор линий связи и 12 опор ЛЭП, засыпано 67 единиц автомобильного и 25 единиц железнодорожного транспорта. В лавинах на автомобильных и железных дорогах погибло более 100 человек (Жируев и др., 2010; Казаков, 2000; Казакова, Лобкина, 2007; Podolskiy & all, 2014).

Инженерные изыскания для строительства. Задачей лавинных изысканий является определение характеристик лавинных процессов (Табл. 1), необходимых для выбора противолавинных мероприятий и расчёта лавинных рисков. В районах с развитым растительным покровом большую часть этих характеристик можно определить исходя из характера воздействия лавинных процессов на растительный покров. Важно оценивать вероятность увеличения лавинных рисков вследствие непродуманных инженерных решений.

Заключение. При оценке лавинных рисков для транспортных магистралей и разработке проектных решений по их защите от лавин необходимо учитывать класс транспортной магистрали: подземной прокладки, наземной прокладки, надземной прокладки. Для разных классов транспортных магистралей состав изысканий может быть разным. Стоимость мероприятий по противолавинной защите

транспортных магистралей может быть снижена на ранних стадиях проектно-изыскательских работ. Как показывает практика, именно на этих стадиях вследствие недоучёта степени лавинных рисков возникают системные ошибки при трассировке магистралей, влекущие за собой либо необходимость применения дорогостоящих методов инженерной защиты, либо перетрассировку: вследствие невозможности эксплуатации объекта.

Литература

1. Жируев С.П., Окопный В.И., Казаков Н. А., Генсиоровский Ю.В. Лавинная опасность на автомобильных и железных дорогах Сахалина и Курил. //«Геориск», № 4. 2010. С.51-57.
2. Казаков Н.А. Оценка лавинных рисков на автомобильных дорогах о. Сахалин. /Материалы общероссийской конференции «Риск – 2000. Оценка и управление природными рисками», М.: АНКИЛ, 2000. – С. 269 – 275.
3. Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В., Казакова Е.Н. Большие лавины небольших склонов. //Геориск, № 2, 2008 – с. 56-58.
4. Казаков Н.А. Методология расчёта рисков от воздействия лавинных и селевых процессов на территории, объекты и сооружения. //Геориск. № 1, 2015. С.10-14.
5. Казакова Е.Н., Лобкина В.А. Катастрофические лавины в Сахалинской области. //Материалы гляциологических исследований, № 103, 2007 С.185-190.
6. E. Podolskiy, K. Izumi, V. Suchkov, N. Eckert. Physical and societal statistics for a century of snow-avalanche hazards on Sakhalin and the Kuril Islands (1910 –2010). //Journal of Glaciology, Vol. 60, No. 221, 2014. P. 409 – 430.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ СНЕЖНЫХ ЛАВИН НА ГОРНЫЕ ЛАНДШАФТЫ

Кюль Е.В.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр
РАН», Центр географических исследований, Нальчик, КБР, Россия

Аннотация. В докладе рассмотрены основные положения методологии оценки влияния опасных процессов на горные ландшафты. При этом автором разработана система принципов для решения проблемы исследований. На основе данной системы предложена поэтапная оценка с набором основных задач по каждому этапу.

Ключевые слова: ландшафт, снежные лавины, лавинность территории, лавинная опасность потенциальная и фактическая, лавинная безопасность.

A METHODOLOGY FOR THE ASSESSMENT OF IMPACTS OF SNOW AVALANCHES IN MOUNTAIN LANDSCAPES

E.V. Kyul

Federal State Budgetary Scientific Institution
"Federal Scientific Center" Kabardino-Balkar Scientific Center of the RAS",
Center of Geographical Studies, Nalchik, KBR, Russia

Abstract. The paper discusses the main methodology necessary for assessing the impacts of snow avalanches in mountain landscapes. The author developed a system of basic principles for solving the research question. On the basis of the system proposed, a set of basic tasks are evaluated for each stage.

Key words: landscape, snow avalanches, avalanche areas, avalanche hazard potential, actual avalanche safety.

Введение.

Исследования посвящены решению основных методологических вопросов геоэкологической оценки влияния опасных природных процессов (ОПП), в т.ч. снежных лавин, на ландшафты горных территорий. *Объектом исследований* при этом является горный ландшафт. *Предмет исследований:* динамика изменения ландшафтов под воздействием как природных, так и антропогенных факторов. *Основные методы:* картографирование и районирование ОПП.

Методологические основы оценки.

Данная оценка подразумевает, в первую очередь, геоэкологический подход к изучению проблемы исследований, который отличается тем,

что здесь оценивается во взаимосвязи как географическая составляющая геосистемы, так и экологическая. Географическая составляющая это опасные природные процессы, в т.ч. снежные лавины, с комплексом условий и факторов образования. Экологическая же составляющая это освоенность территории, в первую очередь, тип землепользования, плотность населения и народно-хозяйственных объектов (НХО) на исследуемой территории. Данные исследования являются продолжением научной работы, основные аспекты которой отражены в кандидатской диссертации (Кюль, 2004), а затем дополнены в ряде последующих работ автора (Кюль и др, 2013, 2014, Кюль, 2014, 2015, 2016).

1. Принципы и задачи. На рисунке 1 представлена система принципов для решения проблемы исследований.

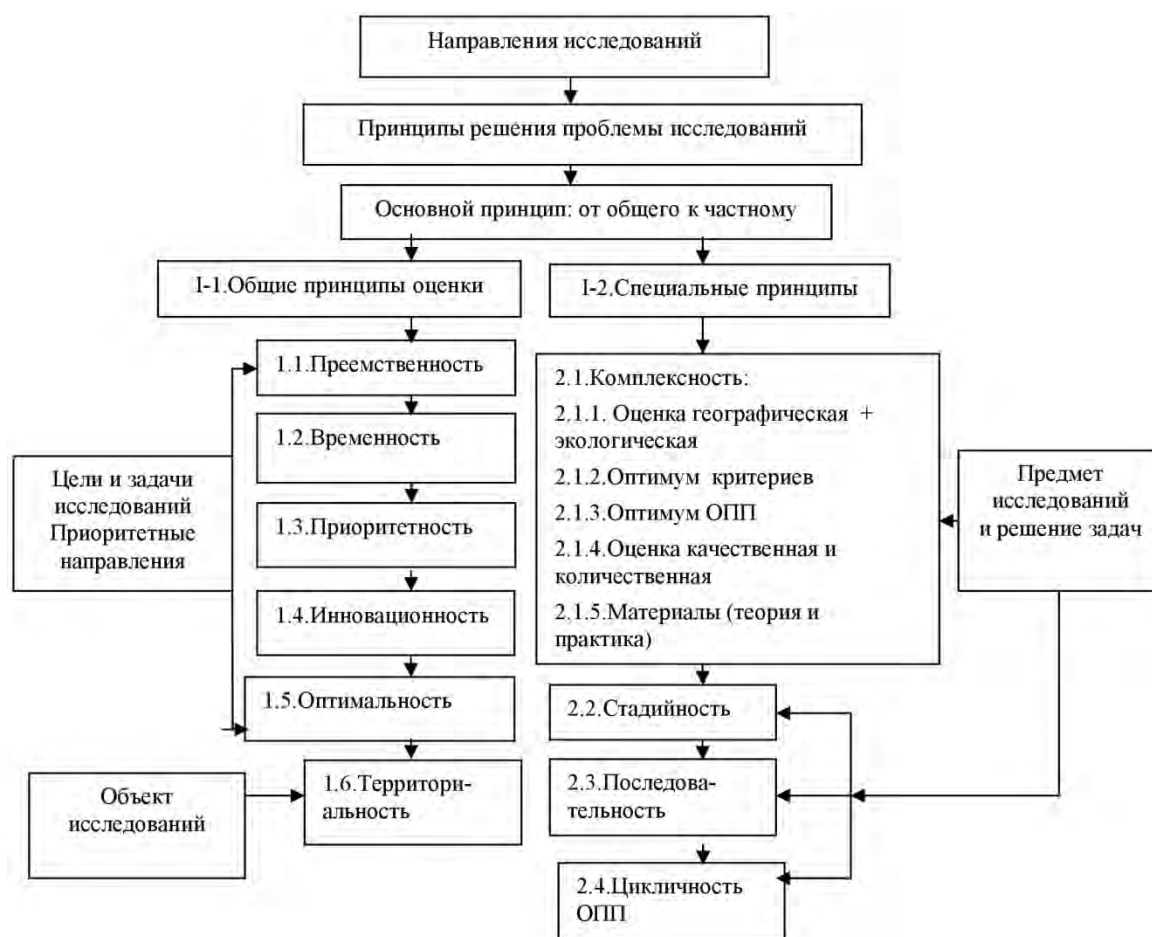


Рисунок 1. Система принципов по проблеме исследований.

На основе выделенных специальных принципов сформирован блок первоочередных задач (рис. 2).

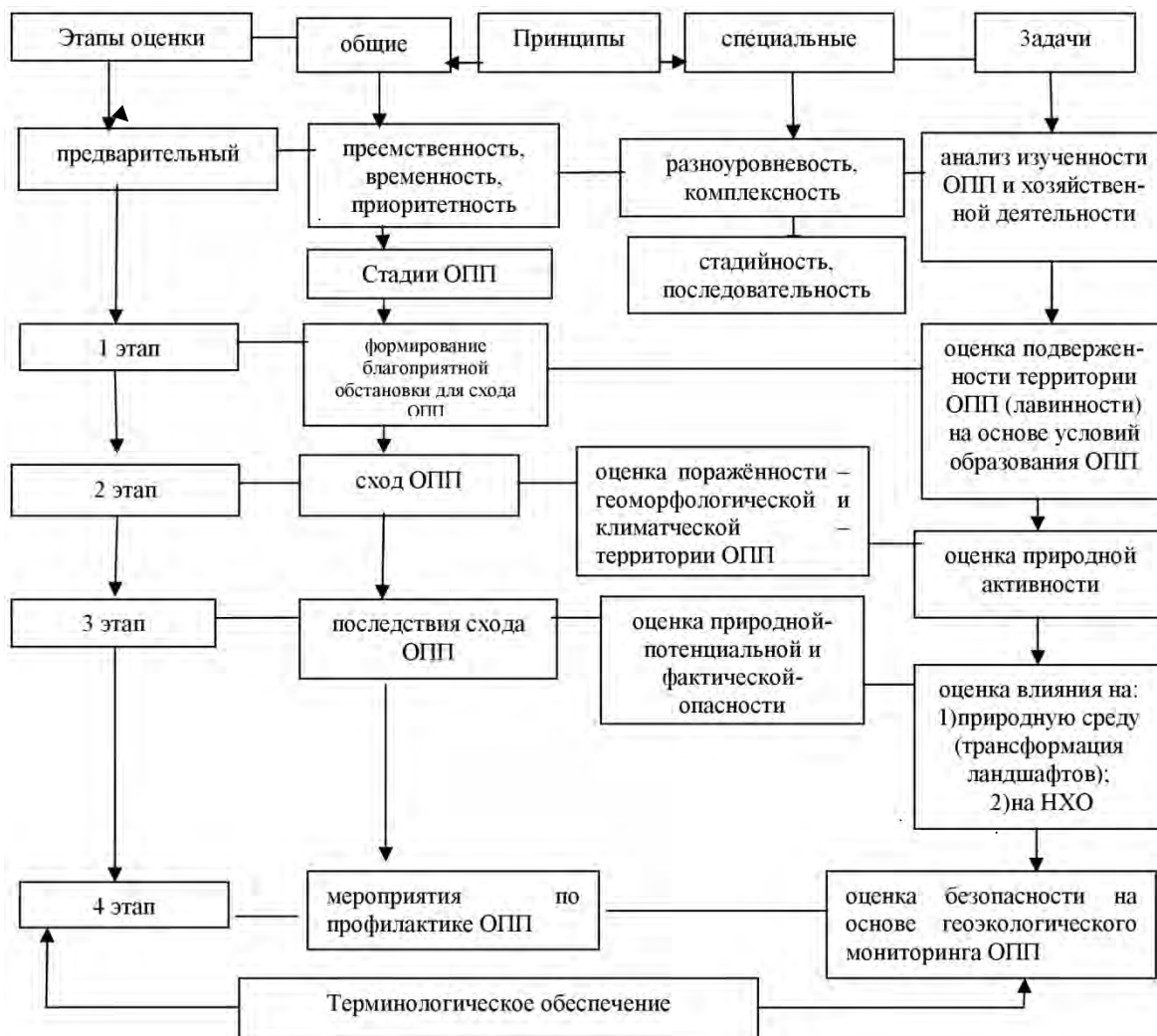


Рисунок 2. Первоочередные задачи по проблеме исследований.

Предварительный этап определяет современное состояние проблемы исследований (изученность и освоенность территории). 4 этапа оценки соответствуют стадиям ОПП: 1) формирование благоприятных природно-климатических условий; 2) сход ОПП; 3) последствия схода; 4) формирование Системы мер по профилактике, контролю и защите территории от ОПП.

2. Выделение этапов оценки (на основе стадий ОПП). Проводится (рис.3) с учётом доформирования терминологического запаса (Кюль, 2004): *1 этап.* Потенциальный природный процесс. Условия образования ОПП. Подверженность территории ОПП (например, лавинность территории). *2 этап.* Факторы образования (степень проявления условий). Поражённость территории ОПП. Природная активность ОПП. *3 этап.* Последствия схода ОПП (природная опасность, потенциальная, угроза природной среде, и фактическая, угроза НХО). Социально-экономические показатели: природные риски и

ущерб. 4 этап. Меры по профилактике, контролю и защите территории от ОПП. Потенциальная безопасность территории от ОПП.

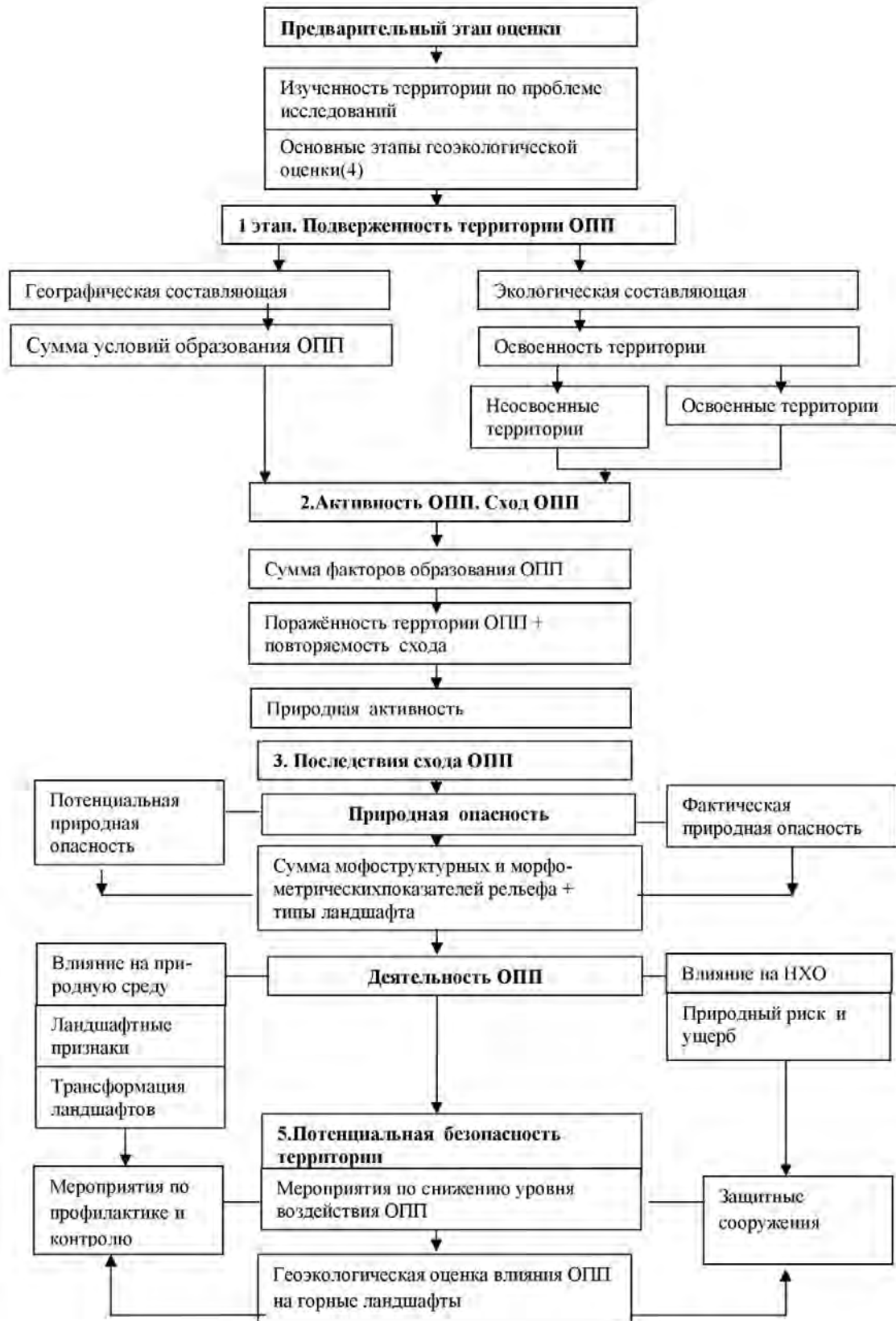


Рисунок 3. Выделение этапов оценки (по стадиям ОПП).

Выводы.

Методология геоэкологической оценки деятельности ОПП, в т.ч. снежных лавин, при помощи картографирования и районирования, с одной стороны, выявляет степень воздействия ОПП на природную среду, с другой, определяет оптимальные пути управления опасным процессом. На основе 4-х этапной оценки можно провести *ранжирование и бонитизацию территории* по степени пригодности к её потенциально безопасному освоению по конечному показателю - степени трансформации ландшафтов природно-хозяйственной деятельностью.

Литература

1. Кюль Е.В. Геоэкологические последствия схода снежных лавин на территории Кабардино-Балкарской Республики. Автореферат на соискание учёной степени кандидата географических наук. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 2004. 27с.
2. Марченко П.Е., Кюль Е.В., Анисимов Д.А. Разработка информационно-моделирующих комплексов исследования подверженности геосистем опасным природно-техногенным процессам. Отчёт о НИР №0120117378 от 01.01.2011 РАН.2013.112 с.
3. Кюль Е. В., Джаппуев Д.Р. Районирование территории по степени освоенности: социальные и экономические особенности развития. В сб.: 6th International Scientific Conference «Applied Science and technologies in the United States and Europe: common challenges and scientific finding». 2014. С. 85-89
4. Кюль Е. В. Оценка изменения ландшафтов лавинной деятельностью (по ландшафтным признакам частоты схода лавин)// Известия КБНЦ РАН.2014. № 3(59). С.53-59.
5. Кюль Е.В. Геоэкологическая оценка влияния лавинной деятельности на устойчивое развитие горной территории. В сб.: География: развитие науки и образования. Коллективная монография по материалам Международной научно-практической конференции, посвящённой 70-летию создания ЮНЕСКО.2015. С.300-304.
6. Кюль Е.В. Некоторые результаты исследования трансформации ландшафтов Южного Приэльбрусья снежными лавинами // Известия КБНЦ РАН. 2015. № 5. С. 61-69.
7. Кюль Е. В. К вопросу оценки влияния природных процессов на территории с различной степенью освоения. В сб.: География: развитие науки и образования, Коллективная монография по Материалам Международной научно-практической конференции, посвящённой 115-летию С.В. Калесника. Ч. 2. С-Пб., 2016. С.21-22.
8. Кюль Е. В. Обзор и анализ терминологии по проблеме лавинной безопасности территории // Труды Высокогорного геофизического института.2004. № 94.С.11-13.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОДВЕРЖЕННОСТИ ГОРНОЙ ТЕРРИТОРИИ СНЕГОЛАВИННЫМ ПРОЦЕССАМ

Кюль Е.В.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр
РАН», Центр географических исследований, Нальчик, КБР, Россия

Аннотация. В докладе рассмотрены основные положения авторской методики геоэкологической оценки подверженности территории опасным, в т.ч. снеголавинным процессам. На основе карты-схемы м 1: 1500000 проведено районирование территории и выявлен ряд закономерностей в распространении снеголавинных процессов.

Ключевые слова: подверженность территории снеголавинным процессам, тип землепользования, лавинный ландшафт или природный лавинный комплекс.

GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE SUSCEPTIBILITY OF MOUNTAIN REGIONS TO SNOW AVALANCHES PROCESSES

E.V. Kyul

Federal State Budgetary Scientific Institution
"Federal Scientific Center "Kabardino-Balkar Scientific Center of the RAS",
Center of Geographical Studies, Nalchik, KBR, Russia

Abstract. The paper discusses the author's contribution to the geo-ecological assessment of exposure to natural hazards, in particular snow avalanche processes. Based on maps with a scale of 1:1,500,000 avalanche zoning was carried out and patterns in the distribution of snow avalanche processes were identified.

Key words: site susceptibility of snow avalanche processes, land-use type, landscape, natural avalanche complex.

Введение.

Горные территории характеризуются широким развитием опасных природных процессов (ОПП), в т.ч. снежных лавин. Подверженность, т.е. «...создание благоприятных природно-климатических условий для схода снежных лавин...» (автор. ред.), приводит к формированию т.н. «лавиновых ландшафтов» или «природных лавинных комплексов» (Кюль, 2004).

В связи с тем, что снеголавинные исследования носят эпизодический и локальный характер на территории Большого Кавказа, отслеживание динамики схода снежных лавин и их влияния на горный ландшафт является *актуальной и первоочередной* задачей исследований.

Регион исследований: Большой Кавказ (северный склон, горная часть, граница – горизонталь 800 м.). **Основная цель:** геоэкологическая оценка распределения снежных лавин по территории. **Предмет исследований:** пространственные закономерности в распространении снежных лавин по территории.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводились на основе анализа научной литературы (Виноградов, 1993, Разумов и др, 2001а, 2001б, Опасные природные процессы., 2013) топокарт и дешифрирования космоснимков за последние 25 лет а также полевой GPS- съёмки. Основные методы – картографирование и районирование ландшафтов по подверженности территории ОПП, в т.ч. снеголавинных процессов (СЛП).

Постановка задачи.

Для выполнения поставленной задачи решён ряд *теоретических вопросов*. Классификация ОПП дана по Общей генетической классификации ЭГП А.И. Шеко (Природные опасности., 2002). Выделены *критерии выбора ОПП*. «...Ведущим ОПП на данный момент будет являться тот, который оказывает наибольшее воздействие на ландшафт» (автор. ред.).

Территория проанализирована по ряду условий образования ОПП: 1) географическая составляющая - по гипсометрическим, геолого-геоморфологическим (морфометрическим), гидрографическим; 2) экологическая – по административному делению и типу землепользования ландшафта (Марченко, 2013, Кюль и др, 2014, Кюль, 2014). На *1 этапе* на основе изученности территории по ведущему типу выделяются районы землепользования. На *2 этапе* на основе освоенности ландшафтов по типу землепользования проводится оценка подверженности территории ОПП, в т.ч. снеголавинным процессам. Рассчитывается *индекс подверженности, I_n (в баллах)*: каждому ОПП (снежные лавины и сопутствующие процессы) на основе анализа благоприятных условий (20) присваивается балл(от 1 до 5). *Градации* степени подверженности следующие (в баллах): а) 1-2-очень слабая; б) 3-5- слабая; в) 6-8-средняя; г) 9-11- сильная; д) 12-14-очень сильная; е) 15-чрезвычайно сильная. Площадная оценка производится по *коэффициенту подверженности, K_n* . («...отношение площади, занятой условиями, благоприятными для схода ОПП к общей площади» (автор. ред). Градации подверженности по K_n : 1) потенциальная, ≤ 0.01 ; 2) очень слабая, 0.011 – 0.049; 3) слабая, 0.05 – 0.249; 4) средняя, 0.25 – 0.495; 5) сильная, 0.50- 0.749; 6) очень сильная, ≥ 0.75 . По количеству ведущих ОПП оценивается степень сложность распределения ОПП по площади. Градации степени сложности (по количеству ведущих ОПП) следующие): а) 1 ОПП - простая; б) 2 – средняя; в) 3-4- сложная; г) более 4- сложная.

Результаты исследований.

В пределах горной части (геоморфологические провинции, горизонталь 800м., и 2 подпровинции, горизонталь 2000 м.) северный склон (с 3 на В) подразделяется на Западный (3 субъекта), Центральный (2) и Восточный (3) Кавказ. В гидрографическом отношении выделяются 2 главных речных бассейна - бассейны р.р. Кубани, Западный Кавказ, и Терека (Центральный и Восточный Кавказ). Районирование территории по степени подверженности снеголавиным процессам проводится на основе анализа *карты-схемы подверженности территории северного склона Большого Кавказа опасным природным процессам М 1: 1500000*. Основой для её составления служит карта-схема типов землепользования северного склона Большого Кавказа. В пределах выделенных ранее условными знаками границ основных таксонов (геоморфологической провинции и др.) цветом наносится специальная нагрузка-степень подверженности территории ОПП (по авторской градации). Каждому выделенному району присваиваются индекс (тип ОПП и площадь, с условиями, благоприятными для его схода, например: СЛ₃₀, снежные лавины, площадь подверженности – 30%, и коэффициент подверженности. Дополнительно цветным крапом обозначается ведущий тип ОПП: а) голубой - снежные лавины; б) коричневый - сели; в) чёрный - оползни, обвалы и осыпи; г) красный – все типы ОПП в комплексе.

Карта – схема является итоговым отображением первого этапа геоэкологической оценки влияния ОПП на ландшафты, а именно: комплекса условий образования ОПП. Данная карта-схема позволяет получить некоторое представление о пространственных закономерностях распространения типов ОПП по территории. Но полученные результаты из-за крайне неравномерной степени её изученности не могут дать полного представления о предмете исследований. Для получения корректных численных оценок подверженности необходимо проведение детальных мониторинговых работ в регионе (в частности, для Краснодарского края и Республики Адыгея).

Пространственные закономерности распределения снежных лавин даны по административным субъектам (таблица, 2 столбец). Широтная (с ЮЗ на СВ) и горизонтальная (бассейновая) дифференциации СЛП (с 3 на В). Бассейн р. Кубань. Западный Кавказ. Из таблицы видно, что наиболее подвержена СЛП СВ часть Западного Кавказа- высокогорные территории Кавказского заповедника в пределах Краснодарского края с ведущим простым природоохранным типом землепользования и Тебердинского заповедника в пределах Карачаево- Черкесской Республики (3 балла) со сложным типом землепользования (природоохранный, рекреационный и др.). Наиболее слабо подвержены

СЛП среднегорная часть Западного Кавказа (1 балл), очень слабая и слабая степени подверженности, в частности, из-за хорошей залесённости территории. При этом Краснодарский край и Республика Адыгея практически не изучены в снеголавинном отношении. *Бассейн р. Терек. Центральный Кавказ.* В отличие от Западного Кавказа регион хорошо освоен (за исключением среднегорья РСО - Алании) со сложными и очень сложными типами землепользования (в отличие от Западного Кавказа с традиционным сельскохозяйственным типом землепользования здесь развиваются новые типы такие, как инженерно - коммуникационный, гидроэнергетический и др.). Степень подверженности СЛП от слабой в среднегорье (2 балла) до очень сильной в высокогорье (максимум- 5 баллов). И связано это с современным оледенением и высотными условиями (наиболее приподнятая часть территории).

Таблица 1.

Характеристика Большого Кавказа по индексу подверженности.

Район подверженности ОПП	Индекс подверженности, И _п			Всего
	Типы ОПП			
	СЛ	С	Оп, Ос, Об	
Главный бассейн - р. Кубань, Западный Кавказ				
Краснодарский край	п	1	1	3
	3	1	1	5
Республика Адыгея	1	1	1	2
	2	2	1	5
Карачаево-Черкесия	1	1	2	4
	3	2	2	6
Главный речной бассейн, р. Терек				
Центральный Кавказ				
Кабардино-Балкария	2	5	5	12
	5	5	3	13
РСО-Алания	2	4	4	10
	5	5	5	15
Восточный Кавказ				
Республика Ингушетия	п	1	2	3
	1	2	1	4
Чеченская Республика	п	2	3	5
	1	2	2	5
Республика Дагестан	1	2	3	6
	2	2	3	7

Примечания: п-потенциальная подверженность; СЛ-снеголавинные процессы; С- селевые процессы; Оп-оползневые процессы; Ос-осыпные процессы; Об-обвалы процессы. Жирным шрифтом выделен ведущий процесс.

Бассейн р. Терек. Восточный Кавказ. Регион изучен и заселён более неравномерно, чем Центральный Кавказ: от простого типа землепользования (традиционного сельскохозяйственного) в Ингушетии до среднего в Дагестане (здесь появляются новые типы землепользования, гидроэнергетический, например). Территория б. Чечено-Ингушской Республики (ЮЗ и центральная часть Восточного Кавказа) в снеголавинном отношении практически не изучена. Степень подверженности СЛП очень слабая (до 1 балла), в частности, из-за низких высотных отметок и залесённости. Территория Дагестана в этом отношении изучена также недостаточно. Степень подверженности СЛП в Дагестане слабая (2 балла) как в среднегорье, так и в высокогорье. Тенденция увеличения показателя с ЮЗ на СВ вызвана большей приподнятостью территории и практически полным отсутствием растительности. Причём в отличие от Центрального Кавказа, где развиты лотковые лавины, здесь широко развиты склоновые лавины-оползни.

Выводы.

В регионе как и у типов землепользования при ландшафтном анализе также наблюдается широтная (с ЮЗ на СВ) и горизонтальная (бассейновая) с З на В дифференциации степени подверженности территории СЛП. При этом для обоих показателей характер изменения совпадает: хорошо освоенная центральная часть Кавказа имеет очень сильную степень подверженности СЛП в высокогорье. Связано это с развитием современного оледенения (территория значительно приподнята, 3000- 5000 м и более). Менее освоенные ЮВ часть Краснодарского края, Адыгея и Ингушетия имеют очень слабые и слабые степени подверженности СЛП. Причём хорошо просматриваются зависимости степени СЛП от ряда условий их образования: залесённости (обратная), оледенения, сейсмичности тектоники и высоты (прямая). Причём изученность снеголавинной обстановки в регионе крайне неравномерна: от очень хорошо изученной (на Центральном Кавказе) до очень низкой – на Западном (исключая территорию КЧР) и Восточном Кавказе. Из-за данной проблемы полученные данные нуждаются в уточнении и дополнении: необходимо проведение мониторинговых полевых работ для инвентаризации и паспортизации ОПП, в т.ч. снежных лавин.

Литература

1. Кюль Е.В. Геоэкологические последствия схода снежных лавин на территории Кабардино-Балкарской Республики. Диссертация на соискание учёной степени кандидата географических наук. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 2004. 225с.
2. Виноградов Ю.Б., Стрешнева Н.П., Кюль Е.В. Составление карт селевой опасности по основным районам хозяйственного освоения Российской Федерации.

Отчёт о НИР №1.1.1.5 от 01.01.1993 (Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды).

3. Разумов В.В., Кюль Е.В. и др. Кадастр лавинно-селевой опасности Кабардино-Балкарской республики. С.-Пб.: Гидрометеоиздат, 2001а. 64 с.
4. Разумов В.В., Кюль Е.В. и др. Кадастр лавинно-селевой опасности Северного Кавказа. С.-Пб.: Гидрометеоиздат, 2001б. 112 с.
5. Опасные природные процессы Северного Кавказа /Под ред. проф. Разумова В.В.М.,2013.319 с.
6. Природные опасности России. Экзогенные геологические опасности.Т.3/Под общей ред. В.М.Кутепова, А.И.Шеко. М.-Изд-во «КРУК»,2002.348 с.
7. Марченко П.Е., Кюль Е.В. Особенности геолого-геоморфологического строения геосистем Северного Кавказа в пространственном распределении экзогенных геологических процессов. В сб.: Устойчивое развитие: проблемы, концепции, модели. Материалы Международного симпозиума, посвящённого 20-летию создания ФГБУ КБНЦ РАН. 2013.С.162-166.
8. Кюль Е. В.Оценка изменения ландшафтов лавинной деятельностью (по ландшафтным признакам частоты схода лавин)// Известия КБНЦ РАН. 2014. № 3(59). С.53-59.
9. Кюль Е. В., Джаптуев Д.Р.Районирование территории по степени освоенности: социальные и экономические особенности развития. В сб.: 6th Interntional Scientific Conference «Applied Science and technologies in the United States and Europe: common challenges and scientific finding». 2014.С.85-89.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ АТЛАСА ЛАВИННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАБАРДИНО - БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Кюль Е.В.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр
РАН», Центр географических исследований, Нальчик, КБР, Россия

Аннотация. В докладе предложена концепция создания Атласов природных опасностей на примере лавинной деятельности. Предложенный Атлас имеет структуру, состоящую из 4 блоков. Каждый блок соответствует этапу оценки лавинной деятельности и представляет из себя комплект карт, описывающий ту или иную стадию лавинного процесса.

Ключевые слова: опасные природные процессы, лавинная деятельность, снежные лавины, лавинная активность, поражённость территории лавинами, потенциальная и фактическая лавинная опасность.

A METHODOLOGY FOR THE CREATION OF AN ATLAS OF AVALANCHE ACTIVITY IN THE KABARDINO - BALKARIAN REPUBLIC

E.V. Kyul

Federal State Budgetary Scientific Institution
"Federal Scientific Center "Kabardino-Balkar Scientific Center of the RAS",
Center of Geographical Studies, Nalchik, KBR, Russia

Abstract. The paper proposes a methodology for creating an atlas of natural hazards focusing on avalanches. The proposed atlas is structured into 4 parts. Each part corresponds to the evaluation stage of avalanche activity and represents a set of maps describing a particular stage of the avalanche process.

Key words: natural hazards, avalanche activity, avalanches, potential and actual avalanche danger.

Введение. Картографический метод отображения информации является наиболее удобным и менее затратным в финансовом отношении. С появлением различных ГИС уменьшились и временные затраты на составление карт. Карты позволяют отображать информацию с различной степенью детальности. Можно выделить Атласы... по объектам и задачам исследований. При большом количестве Атласов... по ОПП (Кюль и др. , 2001, Кюль, 2012) нет достаточной ясности ни в представляемом комплекте карт, ни в их содержании. Создание такого Атласа... очень *актуально*, так как оно основано на последних данных мониторинга ОПП (за период с 2000 по 2016 гг.). Карты составлены по авторской методике, апробированной при проведении ландшафтно-

геоморфологического районирования лавинной опасности территории КБР (Кюль, 2004). Задача становится приоритетной, если учитывать бурное развитие рекреационной составляющей (горнолыжных курортов), что провоцирует дальнейшую активизацию лавинной деятельности в регионе. *Социальная значимость* также высока, так как данный Атлас позволяет в достаточно простой и доступной форме оценить состояние природной среды региона с учётом ОПП довольно широкому кругу респондентов. Причем отображение информации в картографической цифровой форме даёт возможность постоянно обновлять и дополнять её, решая при этом широкий круг первоочередных задач по развитию региона без активизации ОПП. *Цель исследований*: создать Атлас лавинной деятельности КБР для разработки Программы лавинобезопасного освоения конкретной горной территории. **Основные задачи**: 1. Обзор и анализ картографической информации по району исследований за длительный период времени. 2. Дешифрирование фото- и космоснимков различных лет залёта на территорию КБР (горная часть в пределах провинции лавинообразования). 3. Разработка легенд к картам и составление предварительной картографической основы. 4. Уточнение данных по отдельным участкам в ходе полевого мониторинга. 5. Составление комплекта карт (вспомогательных и специальных). 6. Формирование Макета Атласа... 7. Издание Атласа (в печатном виде). *Научная новизна и практическая значимость* появления такого Атласа... достаточно велика. В настоящее время в ряде регионов степень подверженности территории снеголавинным процессам изменилась за счёт изменения подхода к выделению лавиноопасных территорий.

Материалы и методы исследований. При создании Атласа... автором использовались методические разработки, полученные при составлении Атласа природных опасностей Кабардино-Балкарской Республики, а также проведении ландшафтно-геоморфологического районирования территории КБР в 2004 году (Кюль и др., 2001, Кюль, 2004). Структура и состав Атласа... скомпонованы по результатам разработки методологии комплексной геоэкологической многоуровневой поэтапной оценки влияния ОПП на ландшафты (Кюль, 2015). При этом каждый этап (4) соответствует стадии ОПП (условия и факторы образования - собственно сход - последствия схода - мероприятия по профилактике и защите).

Результаты исследований. Структура Атласа... дана ниже (курсивом выделены основные карты).

Содержание Атласа по блокам

Блок 1. Подверженность территории ОПП (см. таблицу 1).

1. *Карта подверженности территории КБР снеголавинным процессам М 1: 200000 с Кадастром (4 вспомогательных карты-схемы)*

Таблица 1.
Краткая характеристика основных карт Атласа.

№	Название карты	Картографируемые показатели				основные карты		
		вспомогательные карты		показатель		показатели		
1	Карта - схема подверженности территории КБР снеголавинным процессам М 1: 200000 с Кадастром	название: карта	показатель	а.в.о.н.у.м.,м	коэффициент подверженности (лавинности), $K_{\text{лав}} = S_{\text{лав}}/S \cdot 100\%$,	индекс подверженности С.Л.зр (снежные лавины, площадь подверженности – 30%).	ведущий тип ОПП (при оценке сопутствующих ОПП)	
		схема гипсометрическая	речные бассейны 1-5 порядков					
		схема гидрографическая	коэффициент изученности,					
		схема изученности						
		схема освоенности						
5	Карта устойчивости ландшафтов к влиянию ОПП на территорию верховой р.Баксан М 1: 100000	оценки рельефа	углы наклона, экспозиция	коэффициент расчленения, $k=(S-S_p/S_R \cdot 100\%$	частота схода лавин	ландшафтные признаки схода лавин	-	
		схема геоморфологической трансформации	лавинные формы рельефа: лавинные бассейны, сложные и простые лавиносорбы, лавиносорбы склоновых лавин					
		схема геоботанической трансформации	лавинная растительность					
		схема элементарных единиц лавинного рельефа	тип элементарной единицы: лавиносорб простой и сложный, лавинный бассейн					
		карта фактической лавинной опасности	степень фактической лавинной опасности (в баллах)					
7	Карта-схема мониторинговой сети М 1:200 000 с Кадастром объектов мониторинга по данным паспортизации	карта инженерной защиты территории	тип защитных сооружений	плотность населения и НХО (на 1 км ²), уд.вес, в %	степень лавинной опасности	индекс влияния	-	
		карты плотности населения, НХО и сельхозугодий						
8	Карта комплексной безопасности от воздействия лавин с сопутствующими ОПП территории г. Тирныауза М 1:50000	карта фактической лавинной опасности	плотность населения и НХО (на 1 км ²), уд.вес, в %	степень лавинной опасности	индекс лавинной безопасности (в баллах)	класс опасности	класс опасности	группа лавиносорбов с различными типами защиты
		карта инженерной защиты территории						
10	Карта-схема оценки влияния освоенности территории КБР на активизацию лавин М 1:200000	карта лавинной опасности	степень лавинной опасности	плотность населения и НХО (на 1 км ²), уд.вес, в %	степень лавинной опасности	индекс влияния	-	

Блок 2. Лавинная активность территории.

1. Карта-схема морфоструктур КБР.
2. Карта поражённости территории КБР лавинами М 1:200000.
3. Карта-схема снежности территории КБР М 1:200000.
4. Карта повторяемости лавин на территории КБР М 1: 200000.
5. *Карта лавинной активности территории КБР М 1: 200000.*

Блок 3. Последствия схода снежных лавин.

Подблок 3-1.

1. Карта лавинной опасности территории КБР (на основе морфоструктурного анализа) М 1: 200000.
2. Карта-схема ландшафтов КБР М 1:200000.
3. Карта-схема типов лавиноопасных территорий КБР М 1:200000.
3. *Карта лавинной опасности территории КБР (на основе ландшафтного анализа) М 1: 200000.*
4. Карта-схема расселения населения по территории КБР М 1:200000.
5. Карта-схема типов землепользования территории КБР М 1:200000.
6. Карта-схема плотности населения КБР М 1:200000.
7. Карта-схема плотности народно-хозяйственных объектов на территории КБР М 1:200000.
8. *Карта освоенности территории КБР М 1:200000.*
9. *Карта фактической природной опасности территории КБР М 1: 200000.*

Подблок 3-2.

- 1-4. Карты оценки рельефа по углам наклона, экспозиции и коэффициенту расчленения на территорию верховий р. Баксан М 1: 200000.
- 5-6. Карты-схемы геоморфологической и геоботанической трансформации лавинами территории ущелья Адырсу и участка автодороги Азау-Терскол М 1:25000.
- 7-8. Карты трансформации ландшафтов ОПП ущелья Адырсу и участка автодороги Азау-Терскол М 1:50000.
9. *Карта устойчивости ландшафтов к влиянию ОПП на территорию верховий р. Баксан М 1: 100000.*
- 10-11. Карты-схемы геоморфологической и геоботанической трансформации территории г. Тырнауза и окрестностей лавинами с сопутствующими ОПП М 1: 25000.
12. *Карта трансформации ландшафтов территории г. Тырнауза и окрестностей М 1: 50000.*
- 13-14. Паспорта бассейнов лавинообразования.
- 15-16. 3D-карты бассейнов лавинообразования М 1:1000-10000.
17. *Карта-схема мониторинговой сети с Кадастром объектов мониторинга по данным паспортизации М 1:200 000.*

Блок 4. Оценка потенциальной лавинной безопасности территории

1. Карта потенциальной лавинной безопасности территории от воздействия лавин на примере эталонного участка автодороги Азау-Терскол М 1:50000.

2. *Карта комплексной безопасности от воздействия лавин с сопутствующими ОПП территории г. Тырнауза М 1:50000.*

3. *Карта-схема оценки влияния лавин на освоение территории КБР М 1:200000.*

4. *Карта-схема оценки влияния освоенности территории КБР на активизацию лавин М 1:200000.*

Приложения:

1. База данных лавинной деятельности на территории КБР.

2-3. Программа и рекомендации по устойчивому и безопасному развитию.

4. Справочник - словарь по лавиноведению.

Выводы. Как основной итог, составление Атласа по ОПП с Кадастром и Базой данных и разработка Программы на основе проведённой оценки. Данный Атлас... может быть распространён в научных библиотеках; использован в качестве научного пособия на профильных кафедрах учебных заведений при чтении специализированных курсов; размещён в ведомственных профильных министерствах, администрациях районов и использован в качестве методического руководства при выборе решений по строительству различных народно-хозяйственных объектов в лавиноопасных зонах. акже он может быть полезен при проведении различных экологических экспертиз на предпроектной стадии.

Литература

1. Разумов В.В., Перекрест В.В., Кюль Е.В. и др. Атлас природных опасностей и стихийных бедствий Кабардино-Балкарской республики. С-Пб.: Гидрометеиздат, 2001. 55 с.

2. Кюль Е.В. Принципы геоэкологического картографирования и районирования лавинной деятельности. Нальчик: Изд-во КБНЦ РАН, 2012. 227 с.

3. Кюль Е.В. Геоэкологические последствия схода снежных лавин на территории Кабардино-Балкарской Республики. Диссертация на соискание учёной степени кандидата географических наук. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 2004. 225 с.

4. Кюль Е.В. Методические основы создания серии Атласов лавинной деятельности на лавиноопасные регионы Российской Федерации (на примере Кабардино- Балкарской Республики). В сб.: Атласное картографирование: традиции и инновации. Материалы X научной конференции по тематической картографии. 2015. С.34-35.

5. Кюль Е.В., Чернышев Г.В. Характеристика районов лавинообразования по речным бассейнам Северного Кавказа. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2016620639. Заявка № 2016620357. Дата поступления 23 марта 2016 г. Дата государственной регистрации в Реестре баз данных 20 мая 2016 г.

СОЗДАНИЕ СПРАВОЧНИКА ПО ЛАВИННЫМ ФОРМАМ РЕЛЬЕФА

Кюль Е.В.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр
РАН», Центр географических исследований, Нальчик, КБР, Россия

Аннотация. В докладе рассмотрены вопросы создания Справочника-словаря по лавинным формам рельефа. Согласно авторской систематизации лавинного рельефа структура справочника состоит из 3 блоков, а именно, формы рельефа: 1) образующие лавины; 2) образуемые лавинами; 3) предупреждающие и контролируемые лавины, а также защищающие от лавин.

Ключевые слова: лавинные формы рельефа, снежные лавины, противолавинные сооружения.

CREATING A DICTIONARY OF AVALANCHE LANDFORMS

E.V. Kyul

Federal State Budgetary Scientific Institution
"Federal Scientific Center "Kabardino-Balkar Scientific Center of the RAS",
Center of Geographical Studies, Nalchik, KBR, Russia

Abstract. The paper examines the creation of a dictionary of avalanche topography. According to the author's systematic analysis of avalanche terrain, the structure of the dictionary consists of 3 blocks, namely landforms 1) forming avalanches 2) formed by the avalanches; 3) early warning and control of avalanches, as well as avalanche protection.

Key words: avalanche landforms, avalanches, avalanche structures.

Введение. Вся система по изучению опасных природных процессов (ОПП) за счёт развития различных ведомственных или научных школ не имеет общепринятых понятий и методов исследований, что приводит, к неупорядоченности терминологии и делает данную проблему *актуальной и приоритетной*. *Цель исследований:* разработать новую форму подачи терминологии для лавиноведения. *Задачи* дальнейшего развития лавиноведения (ведение лавинного кадастра, картографирование лавин) требуют пополнения словарного запаса лавинной терминологии на базе существующих русской и англоязычной терминологических систем (Кюль, 2000).

Структура справочника-словаря. Справочник-словарь разделён на 3 основных блока на основе разработанной автором Классификации лавинных форм рельефа (Кюль, 2003, 2004а). Каждый блок состоит из: 1) части общей классификации (например, классификация форм рельефа, образующих лавины); 2) терминов (здесь их 5). Каждый термин

представлен фотоснимком и описанием к нему. Термин даётся в историческом развитии. Приводятся при наличии синонимы данного термина. Кроме того даются имеющиеся классификации каждого термина (например, классификация лавинных очагов).

Блок 1. Формы рельефа природные, образующие лавины (рис.1).



Примечание: *- дополнительно приводится классификация термина.

Рисунок 1. Формы рельефа природные, образующие лавины.

В блоке 1 приведены термины, характеризующие элементарные единицы лавинного рельефа - лавиносборы склоновых и лотковых лавин.

Основные термины: лавиносбор, лавинный очаг, лавинное русло, конус выноса лавины. Дополнительно приводятся классификации лавиносборов склоновых лавин и лавиносборов лотковых лавин, сложных и простых, а также лавинных бассейнов.

Пример расшифровки термина. Термин «лавинный очаг».

Историческая справка. Термин «лавинный очаг» введен С.М. Мягковым и означал «участок склона и его подножия; в пределах которого лавины возникают, движутся и останавливаются» (Кюль, 2004б). У В.П. Благовещенского он включает в себя только зону движения лавины. М.Ч. Залиханов в данном случае применяет термин «лавинный аппарат». Для специфических лавинных форм рельефа, Г.К. Тушинским введен термин «лавиносбор», который означал формы рельефа, где зарождается лавина. При составлении Гляциологического словаря в соответствии с международной терминологией упорядочено

применение данных терминов. Лавинный очаг обозначает верхнюю часть лавиносбора, а лавиносбор весь путь лавины от образования до остановки. Причем лавиносбор характеризует обычно форму рельефа, где сходят лотковые лавины.

Первоначальная трактовка термина: «участок склона и его подножия, в пределах которого лавины возникают, движутся и останавливаются»

Синонимы: лавинный аппарат

Окончательная трактовка термина: «участок склона, в пределах которого лавины возникают...». Соответствует первоначальному значению термина «лавиносбор».

Термины «лавинный очаг» ↔ «лавиносбор» (изменение понятий)

Термин «лавинный очаг» заменён на термин «лавиносбор».

Термин «лавиносбор» - основной термин для обозначения элементарной единицы рельефа лавинообразования.

В таблице даны 5 терминологических систем для обозначения составных частей лавиносбора: четыре - русскоязычные, одна - иноязычная (по отношению к сносимому снегу).

Таблица 1.

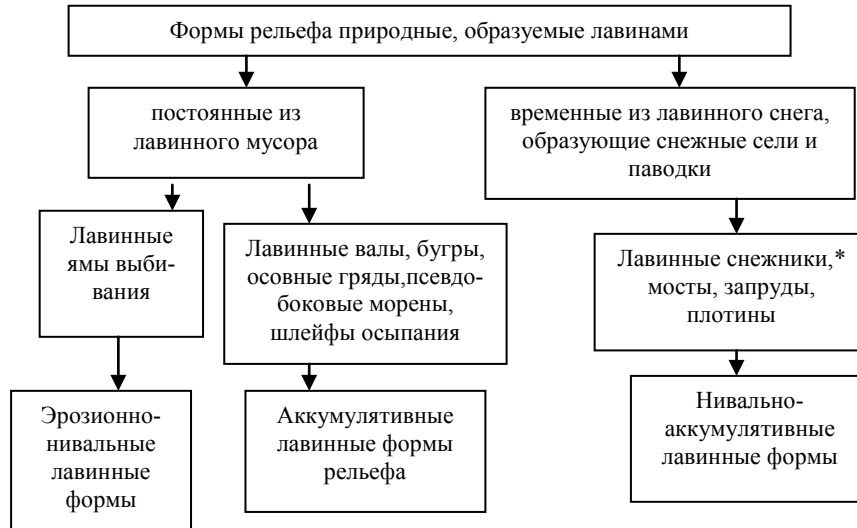
Терминологические системы, характеризующие лавиносбор.

№	Русскоязычные термины				Иноязычные термины
	По расположению на склоне	Образные слова		По отношению к сносимому снегу	
		По формам рельефа	По отношению к сходу лавин		По отношению к сносимому снегу
1.	Верхняя часть лавиносбора	Лавинный очаг	Зона образования (синоним зарождения) лавины	Зона накопления лавинного снега	
2.	Средняя часть лавиносбора	Лавинный лоток (синоним русло)	Зона движения лавины	Зона переноса лавинного снега	Зона транзита лавинного снега
3.	Нижняя часть лавиносбора	Конус* выноса лавины	Зона остановки лавины	Зона отложения лавинного снега	Зона аккумуляции лавинного снега
Ключевой термин	Лавиноактивный склон	Лавинные формы рельефа: 1,2 – лавинообразующие; 3 – лавинообразуемые	Лавина	Лавинный снег	

Примечания: * введены дополнительные термины (лавиноактивный склон, лавинообразующие формы рельефа, лавинообразуемые формы рельефа, лавинный снег).

Блок 2. Формы рельефа природные, образуемые лавинами (рис. 2).

В блоке 2 приведены термины, характеризующие формы рельефа, возникающие после схода лавин: а) постоянные из лавинного мусора; б) временные из лавинного снега.



Примечание: *- дополнительно приводится классификация термина.

Рисунок 2. Формы рельефа природные, образуемые лавинами.

Основные термины:

-*постоянные* (лавинные ямы выбивания, валы, бугры, осовные гряды, псевдобоковые морены);

-*временные* (лавинные снежники, мосты, запруды, плотины).

Блок 3. Формы рельефа, природно-антропогенные, предупреждающие и контролирурующие лавины, а также защищающие от лавин (рис.3).



Примечание: * дополнительно приводится классификация термина.

Рисунок 3. Формы рельефа, природно-антропогенные, предупреждающие и контролирующие лавины, а также защищающие от лавин.

В блоке 3 приведены термины, характеризующие: а) трансформацию природной среды под влиянием лавин; б) формы рельефа, возникающие при проведении профилактических, контролируемых и защитных мероприятиях.

Основные термины:

- *природная среда, изменённая лавинами* (лавинные ландшафт, растительность, почвы, природный лавинный комплекс);
- *НХО в зоне действия лавин* (линейные и площадные);
- *защита от лавин* (инженерные, противолавинные сооружения, щиты, кольткафели, стены, дамбы, лавинорезы и т.д., а также лесомелиоративные, противолавинные защитные полосы; контролируемые лавины);
- *контролирующие и регулирующие лавины* (трансформация или нарушение рельефа).

Выводы. В ряде отраслей терминологический запас практически сформирован, что нельзя сказать о лавиноведении. В настоящее время лавиноведение, как составная часть гляциологии, находится на переходном этапе, превращаясь из описательной науки в точную. На этом этапе терминология отличается некоторой неустойчивостью, что порождает ряд проблем. Для информационно-поисковых систем в XXI веке нужны словари нетрадиционного типа, где понятия находятся в заданных, четко структурированных отношениях. В этом назрела необходимость, так как в этой отрасли накоплен обширный и довольно разноплановый научный материал, нуждающийся в систематизации и унификации.

Литература

1. Кюль Е. В. Актуальные задачи при лавинобезопасном освоении горной территории//Вестник Кабардино- Балкарского государственного университета. 2000. №4. С. 88-89.
2. Кюль Е. В. Обзор и анализ терминологии при оценке лавинной безопасности территории//Труды Высокогорного геофизического института.2003. № 93.С.114-118.
3. Кюль Е.В. Геоэкологические последствия схода снежных лавин на территории Кабардино-Балкарской Республики. Автореферат на соискание учёной степени кандидата географических наук. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 2004а. 27с.
4. Кюль Е. В. Обзор и анализ терминологии по проблеме лавинной безопасности территории // Труды Высокогорного геофизического института.2004б. № 94.С.11-13.
5. Кюль Е.В.Многолетний анализ лавинной деятельности в некоторых избранных геосистемах Южного Приэльбрусья // Известия КБНЦ РАН. 2015. №3(65). С.48-54.

ЛАВИНООПАСНОСТЬ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРАСС ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Лапердин В.К.

Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

Аннотация. В докладе представлены основополагающие факторы формирования и схода лавин, характерных для Восточной Сибири, в местах расположения магистральных трасс - железная и шоссейная дороги, нефте - и газопроводы, линии электропередачи и связи, требующие применения мероприятий, направленных на контролируемый спуск лавин или возведения защитных сооружений.

Ключевые слова: снежные лавины, сели, опасность, риск.

AVALANCHE RISK OF INFRASTRUCTURES IN EASTERN SIBERIA

V.K. Laperdin

Institute of the Earth's Crust Siberian Branch RAS, Irkutsk, Russia

Abstract. The paper presents basic factors related to the development and descent of avalanches characteristic for Eastern Siberia near important infrastructures such as railroads, highways, oil and gas pipelines and power and communications lines as well as measures aimed at artificially triggering avalanches or protecting against avalanches .

Key words: avalanches, mudflows, danger, risk.

Введение.

Магистральные трассы, пересекая горные районы Восточной Сибири, проходят в относительно сложных климатических и морфологических условиях, определяющих формирование различных по составу и объему снежных лавин. Во избежание деформации магистралей и сопутствующих им объектов необходима разработка и применение защитных мероприятий.

На территории Восточной Сибири, по составу конусы лавин могут быть снежными, снега - грунтовыми, снега - древесными и снега – грунтово-древесными (рисунок 1, а, б). Состав лавин зависит от частоты схода лавин. Крупные по объему лавины (500 тыс. м³ и более) создают условия для формирования селей за счет прорыва снежных, снега-древесных, снега-каменных или снега-древесно-каменных плотин (Алексеев и др., 1971; Лапердин, Тржцинский, 1977, Лапердин, Качура, 20010).

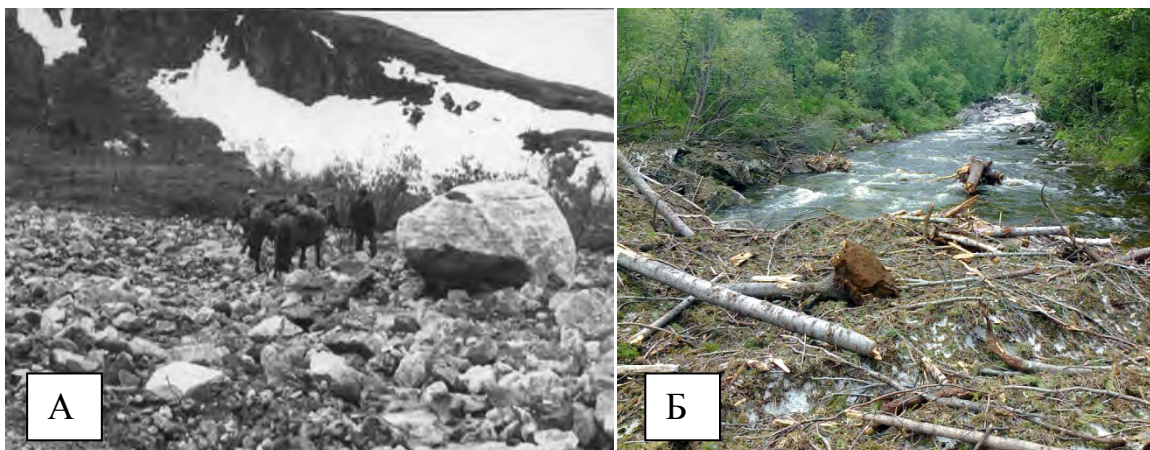


Рисунок 1. А - остатки конуса выноса снего–грунтовой лавины, хр. Восточные Саяны, 1975 г.; Б - остатки конуса выноса снего–древесной лавины, хр. Хамар-Дабан, 2016 г.

Лавины по БАМу представляют угрозу в долинах рек Хани, Чары, Сюльбана, Ангаракана, Гоуджекита, Кунермы. На Транссибе лавины имеют место на хр. Хамар-Дабан, представляя угрозу туристам. Например, при восхождении на пик Черского, на узком перешейке, с козырьком снега сорвалась девушка, тело которой нашли спустя две недели (рисунок 2).

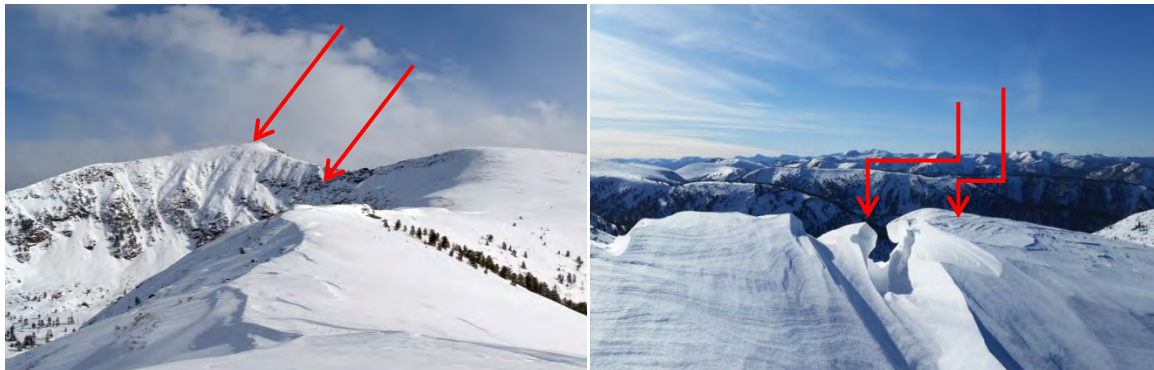


Рисунок 2. А - пик Черского и кар - место начала схода лавины. Б – снежные карнизы, козырьки - признак риска схода лавин, а их обилие и объемы – показатель оценки уровня опасности (Фото А. Архангельского, хр. Хамар-Дабан, 2015).

Основополагающие факторы формирования и схода лавин.

Рельеф. Горы Восточной Сибири имеют высокую степень расчлененности рельефа; крутизну склонов; значительные относительные превышения. По мнению Тушинского Г.К. [1964] перепад высот в пределах 500 м достаточен для формирования и схода лавин разрушительной силы. Величина относительного превышения в лавиноопасных долинах рек составляет: Кунерма – 565 м, Гоуджекит –

507 м (Байкальский хр.), Ангаракан – 530 м (Северо-Муйский хр.), ручей Дядин – 500 м (Южно-Муйский хр.), Наминга – 560 м (хр. Удокан), Слюдянка – около 500 м (хр. Хамар-Дабан). Для сравнения - в Хибинах - 427 м, на Кавказе – 600 м, в средней Азии – более 600 м, на Алтае и в Восточных Саянах – 550 м, на Сахалине в - 500 м. Для Сахалина характерны снежные оползни-осовы, образующиеся на склонах с перепадами высот 5-50 м, объемом от первых десятков до 1000 м³.

Синоптические условия. В горах Восточной Сибири выпадает от 300 до 700 мм снега, что соответствует 45–65 % годового количества осадков. Снегопады с суточной суммой осадков 10 мм и более, в условиях сильных ветров в лавиносборах за короткий период концентрируют достаточно снега для схода лавин. В лавиносборах, в диапазоне высот 1700-2300 м, мощность снега колеблется в пределах 1-2 м. Однако, имеются территории, где мощность снега достигает 6 м, а в отдельные годы - 7 м и более, например, на Даванском перевале Байкальского хребта. Благодаря сходу лавин по БАМу русла притоков рек Ангаракан, Сюльбан, Гоуджекит, Кунерма и Хани перекрываются снега-древесно-каменными, а порой ледово-древесно-каменными плотинами, выше которых весной формируются подпрудные временные озера, прорывы которых сопровождаются образованием селей.

Эндогенные предпосылки. Сейсмоструктурные нарушения создают условия для развития эрозионно-корразионных русел - очагов формирования лавин (рис. 3).



Рисунок 3. Лавиносбор, сформированный по сейсмоструктурному нарушению. На переднем плане конус выноса снега - каменных лавин и временного водотока, (Северо-Муйский хребет, 2005).

Землетрясения, силой 5 баллов и выше (по шкале MSK-64), в одних случаях являются причиной схода лавин, а в других - зарождения. При обследовании эпицентральной зоны Уоянского семибалльного землетрясения (02.11.1976 г) отмечено, что из-за малого количества снега в эпицентре не наблюдался сход снежных лавин. Но, в лавиносборы был сброшен обломочный материал, отчего 30–40-

сантиметровая снежная толща оказалась «нашпигована» обломками пород. Зимой это привело к «необычной» перекристаллизации снега, а весной рыхлообломочный материал стал дополнительной нагрузкой и оказал эффект неравномерного снеготаяния. В результате, весной 1977 г. при аэровизуальных наблюдениях отмечено, что эпицентральная часть землетрясения в радиусе 40 км выделялась повышенной концентрацией конусов лавин и их темно-серым цветом из-за 20 % (в среднем) примесей рыхлообломочного материала в снежной массе.

Попытка установить зависимость схода лавин от землетрясений проведена нами на опытной площадке, на высоте 1600 м Северо-Муйского хребта. Исследования проводились со 2 апреля по 15 мая 1977 г в соответствии с «Руководством по снеголавинным работам», при наличии приборов для сбора синоптических и сейсмических данных. За время наблюдений объем самой крупной лотковой лавины из слабых снежных досок, составил 15000 м³. Лавина сошла 22 апреля на левом северо-восточном борту долины р. Ангаракан, в воронке, площадью 7 га. Средняя крутизна склона очага лавины 31°, ширина лотка 50 м, длина пути схода лавины 450 м, абсолютная высота места отрыва снега 1710 м, средняя толща сошедшего снежного слоя 70 см, максимальная – 150 см. С 1 по 15 мая произошел массовый сход адвекционных лавин, объемом (80–130 м³). За период наблюдений зафиксировано 32 случая лавин, которые чаще сходили между 12 и 15 часами, так как к этому времени оттаивает смерзшийся за ночь верхний слой снега. В итоге, связать сход лавин с землетрясениями не удалось. Так как за период наблюдений толчки до двух баллов, схода лавин не вызвали.

Начиная с 1725 г. (после 10–12- балльного Великого Восточно-Сибирского землетрясения) для зоны Байкальского рифта имеется каталог сильных землетрясений (Солоненко, 1981). Из 82 зафиксированных в каталоге случаев землетрясений 53 приходится на лавиноопасный период. Например, в районе месторождения Молодежного в бассейне ручья Дядин (Южно-Муйский хр.) объемы лавин составляли 120 – 120000 м³ (Кириченко и др. 1978). Здесь во время сильного землетрясения возможен сход в пределах 50 лавин, способных поразить около 60 % площади бассейна (Лапердин, 1984).

Зависимость схода и объемов лавин от времени года. Сход лавин происходит в пределах восьми месяцев, с нарастанием с осени к весне в объемах и количестве случаев. Однако, был зафиксирован сход мокрого снега 7–8 сентября 1979 г, объемом до 30 000 м³ на Кодарском хребте; в центральной части Восточных Саян 16–17 сентября 1982 г. По мере движения лавины из снега – каменной массы, превратились в водокаменные сели, обладающие эродирующей способностью на порядок выше лавин, сходящих зимой и ранней весной. Такие лавины отчасти можно сравнить с отрывом 20 сентября 2002 г льда ледника

Колка на Кавказе, который по мере движения по Геналдонскому ущелью, обогатившись отложениями р. Геналдон, сформировал ледово-водно-каменный сель (Черноморец, 2005).

Наиболее лавиноопасным периодом на хребтах Кодар, Северо- и Южно-Муйского, Удокан, Хамар-Дабан, Восточные Саяны является конец марта – первая половина июня, хотя не исключена вероятность схода лавин позже. Сход крупных по объему лавин фиксируется количеством обломочного материала и древесных обломков. Одной из разрушительных лавин для Восточной Сибири, стала лавина, объемом 500 тыс. м³, сошедшая в 1985 г. с борта долины р. Кунермы (Байкальский хребет), повредив железнодорожный путь, линию электропередачи, автомобильную дорогу. Согласно возрасту деревьев, сход лавин здесь не наблюдался более 400 лет. Подобные, по возрасту деревьев, лавины отмечены Преображенским В.С. (1960), в Кодарском хребте, а в 1966 г. А.А. Кульчицкий наблюдал в хребте Аakitкан, в Восточных Саянах возраст снесенных стволов составил 350 лет.

Очевидна необходимость проводить наблюдения за режимом накопления снега и осуществления профилактических спусков лавин.

Заключение.

Представленный анализ основополагающих факторов формирования лавин может быть базой для дальнейшего изучения различных по содержанию смещающихся масс снега. При этом остается мало изученной, но необходимой для прогноза лавин, динамика перекристаллизации снега.

- зимой и ранней весной большинство лавин формируется из снега, без особых примесей, что обусловлено характером подстилающей поверхности, состоящей из старого плотно слежавшегося снега;

- в конце апреля – мае создаются условия для схода мокрого снега, который по мере движения, насыщаясь дисперсным грунтом и обломками древесины, превращается в сели, обладающие разрушительной силой;

- в ноябре–марте образуется ряд перекристаллизованных слоев, увеличивающих лавинную опасность, а толчком же для схода лавин служат обрушения снежных карнизов и козырьков, а их обилие и объемы подтверждают значительную роль метелей в формировании лавин;

- лавины, повторяемостью раз в 50 лет и реже имеют большие объемы и разрушительную силу, а время их схода непредсказуемо и только благодаря дендрохронологии и бурению можно определить их повторяемость.

Изучение условий формирования лавин в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке путем сравнения позволяет оценить уровень лавинной опасности на данных территориях.

Литература

1. Алексеев В.Р., Сизиков А.И., Кириченко А.В. Роль снежных лавин в морфолитогенезе хребта Удокан // Снежные лавины хребта Удокан. – Чита, 1971. – С. 134–136.
2. Кириченко А.В., Ильницкий П.И. Условия формирования селей в горных районах Северного Забайкалья // Рациональное природопользование и охрана среды на БАМе. – Иркутск, 1978. – С. 54–58.
3. Лапердин В.К. Экзодинамические процессы северного склона Южно-Муйского хребта // География и природные ресурсы. – 1984. – № 2. – С. 69–78.
4. Лапердин В.К., Качура Р.А. Геодинамика опасных процессов в зонах природно-техногенных комплексов Восточной Сибири.- Иркутск: ИЗК СО РАН, 2010. – 312 с.
5. Преображенский В.С. Кодарский ледниковый район (Забайкалье) // (I раздел программы МГТ – гляциология, № 4). М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 74 с.
6. Солоненко В.П. Сейсмогеологические условия зоны строительства БАМ. – Иркутск, 1981. – 48 с.
7. Тушинский Г.К. Лавинная опасность на севере Забайкалья и Прибайкалья // Вопросы географии Забайкальского Севера. – М.: Наука, 1964. – С. 67–84.
8. Черноморец С.С. Селевые очаги до и после катастроф. // Научный мир, М 2005. 182 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОТИВОЛАВИННОЙ ЗАЩИТЫ НА САХАЛИНСКОМ РЕГИОНЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

**Чеботарёв С.И., Паршукова О.В., Алтухов А.В.,
Бу А.Б., Ложкомоев В.В.**

Филиал ОАО «Российские железные дороги», Центральная дирекция
инфраструктуры, Дальневосточная дирекция инфраструктуры,
Центр диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры,
Южно-Сахалинск, Россия

Аннотация. Работа посвящена обзору противолавинных мероприятий, применяемых на железной дороге о. Сахалин. Приведены данные о лавинах, причинивших ущерб, в том числе объемы завалов железнодорожного полотна, о применяемых на объектах инфраструктуры железной дороги профилактических и инженерно-технических противолавинных мероприятиях, статистика об инженерной защите железнодорожного пути.

Ключевые слова: лавина, противолавинные сооружения, снеговая лавинная станция, снегоудерживающие сооружения, остров Сахалин.

AVALANCHE PROTECTION OF THE FAR EASTERN RAILWAY IN THE SAKHALIN REGION

**S.I. Chebotaryov, O.V. Parshukova, A.V. Altukhov,
A.B. Bu, V.V. Lozhkomoev**

Branch of Open Joint Stone Company «Russian Railways», Central
Directorate of Infrastructure, Far Eastern Directorate of Infrastructure,
Center of Diagnostics and Monitoring of Infrastructure Devices,
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Abstract. The paper is dedicated to the review of anti-avalanche measures used for the railway system on Sakhalin island. Data is provided on destructive avalanches including the volume of damaged railway track, control and preventive engineering measures for railway infrastructure and statistics about engineering protection of the railway track.

Key words: avalanche, avalanche protection, avalanche research station, snow-retaining structures, Sakhalin Island.

Резко расчленённый горный рельеф, небольшая залесённость склонов, хорошо задернованных травянистой и кустарниковой растительностью, многоснежная зима с интенсивными осадками и активным метелевым снегопереносом, оттепелями при прохождении циклонов, длительное залегание снежного покрова обуславливают

значительную лавинную опасность на восточном и западном побережьях острова Сахалин в местах прохождения железнодорожных магистралей. (Исаенко и др.1971, Жируев и др. 2010).

Протяжённость лавиноопасных участков на Сахалинском регионе Дальневосточной железной дороги составляет 35,2 км.

Лавины, сходящие на полотно железных дорог, ежегодно причиняют материальный ущерб, обусловленный необходимостью расчистки железнодорожного полотна, а также простоем транспорта.

Например, 31 декабря 2009 года на 219 км ПК 2 линии Корсаков – Ноглики при расчистке железнодорожного пути от снега во время метели из-за попадания в лавинные отложения произошел сход с пути снегоочистителя и тепловоза. При проведении восстановительных работ сошли ещё две лавины. Суммарный объем вынесенного лавинного снега составил более 19 тыс. м³ (рис. 1). Из-за сложной метеорологической обстановки, связанной с прохождением глубокого циклона, восстановительные работы продолжались более 90 часов.



Рисунок 1. Сход локомотива и снегоочистителя с пути.

За период 2011 - 2017 годы зафиксировано 304 лавины суммарным объемом лавинных отложений 74025 м³, в том числе завал железнодорожного пути снегом составил 9415 м³ протяжением 3147 м. (табл. №1).

Таблица 1.

Статистика сходов лавин в Сахалинском регионе Дальневосточной
дирекции инфраструктуры за 2011-2017 годы.

№ п/п	Лавиноопасные сезоны	Лавиноопасные участки		Общее количество сошедших лавин, шт.	Объем лавинных отложений, м ³	В том числе		
		количество, шт.	протяженность, пог. м			количество лавин с выходом на ж.д. путь, шт.	объем завала ж.д. пути, м ³	Протяженность завала ж/д пути, м
1	2011-2012	35	10609	115	30546	49	3366	968
2	2012-2013	47	19495	24	4950	15	832	309
3	2013-2014	51	27654	33	4853	9	155	87
4	2014-2015	53	28984	94	29674	33	4698	1647
№ п/п	Лавиноопасные сезоны	Лавиноопасные участки		Общее количество сошедших лавин, шт.	Объем лавинных отложений, м ³	В том числе		
		количество, шт.	протяженность, пог. м			количество лавин с выходом на ж.д. путь, шт.	объем завала ж.д. пути, м ³	Протяженность завала ж/д пути, м
5	2015-2016	62	35181	16	1380	9	300	100
6	2016-2017	62	35181	22	2622	7	64	36
Всего:				304	74025	122	9415	3147

Анализ данных о сошедших за период 2012 - 2017 годов лавинах позволяет сделать вывод, что на территории региона формируются лавины всех генетических типов, согласно классификации Лаборатории лавинных и селевых процессов ДВГИ ДВО РАН (Казаков и др., 2011):

- **лавины нового снега (свежевыпавшего и метелевого)**, составляют 44% от общего количества сошедших лавин, чаще других достигают железнодорожного пути (55% от количества лавин с выходом на путь). Они имеют максимальные характеристики завала железнодорожного пути (59% от объёма лавинных отложений на пути и 75% от протяжённости завала железнодорожного пути). Могут возникать в течение всего сезона (декабрь-апрель). Приносят наибольший ущерб железнодорожной инфраструктуре;

- **лавины смешанного снега (перекристаллизации снежной толщи)**, составляют 37% от общего количества сошедших лавин, характеризуются следующими показателями: 24% от лавин с выходом на путь, 15,6% от объёма лавинных отложений на пути и 13% от протяжённости завала железнодорожного пути. Могут возникать в течение всего сезона (январь-март);

- **лавины весеннего снеготаяния (инсоляционные и адвекционные)**, составляют 19% от общего количества сошедших лавин, характеризуются следующими показателями: 21% от лавин с выходом на путь, 25,4% от объёма лавинных отложений на пути и 12% от протяжённости завала железнодорожного пути. Могут возникать в течение всего сезона (январь-март).

Защита инфраструктуры железной дороги от снежных лавин на острове Сахалин обеспечивается комплексом противолавинных мероприятий, которые подразделяются на профилактические и инженерно-технические (Казаков, 2011; Васильев и др., 1975).

Комплекс профилактических мероприятий включает в себя наблюдения, организацию прогноза и оповещения, а также мероприятия по искусственному регулируемому сбросу снежных масс.

Наблюдения выполняют работники дистанции инфраструктуры ежедневно. Они проводят визуальный осмотр склонов на целостность снежного покрова, наличие сходов лавин, снимают данные толщины снежного покрова по снегомерным рейкам, которые передают специалистам снеголавинной станции. При прохождении циклонов устанавливается круглосуточное наблюдение за лавиноопасными участками.

Специалисты снеголавинной станции с момента наступления потенциальной лавинной опасности осуществляют полевые экспедиционные обследования лавиноопасных участков, включающие в себя натурный осмотр, наблюдения за высотой снежного покрова, стратиграфические работы по исследованию свойств снежного покрова

на склоне, тесты на устойчивость снежного покрова, анализ метеорологической и снеголавинной информации с учетом имеющегося метеопрогноза и формируют три раза в неделю заключения о лавинной опасности с рекомендациями для дистанции инфраструктуры, которые закреплены в Технологическом регламенте действия работников железной дороги Сахалинского региона при наступлении лавиноопасного периода. При штормовых предупреждениях при необходимости (ухудшение-улучшение погодных условий) выдается уточняющее заключение. Заключения предоставляются руководству и подразделениям региона, службы пути.

Искусственное обрушение снежных масс со склонов осуществляется методом закладки зарядов взрывчатых веществ, при помощи мобильной установки «Daisy Bell» (рис. 2), подрезкой карнизов с помощью тросика.



Рисунок 2. Активные воздействия установкой «Daisy Bell».

Для максимально эффективного решения задач по профилактике лавинной безопасности в Сахалинской области создана единая система координации действий и совместное использование сил и средств организаций, занимающихся противолавинной безопасностью. Алгоритм совместной работы причастных организаций утвержден 6 декабря 2013 года распоряжением КЧС и ОПБ Сахалинской области № 188. В зимнем сезоне 2014-2015 годов эта схема опробована на объектах инфраструктуры железной дороги и муниципальных образованиях Холмского и Невельского округов.

Комплекс инженерно-технических мероприятий включает в себя возведение на лавиноопасных склонах противолавинных сооружений. Для защиты железнодорожной инфраструктуры от схода лавин в дирекции выполняются инженерно-технические противолавинные мероприятия по возведению капитальных и временных лавинозащитных

сооружений. Протяжённость инженерной защиты по Сахалинскому региону на сегодняшний день составляет 6619 м, в том числе 5486 м снегоудерживающих заборов, 78 м снеговыдувающих панелей, 530 м галерей, 525 м лавиноулавливающих траншей. Всего вышеуказанными сооружениями защищено от схода лавин 3477 м железнодорожного пути.



**Рисунок 3. Снегоудерживающие заборы на 219 км ПК2
линии Корсаков-Ноглики.**

Применение профилактических и инженерно-технических противолавинных мероприятий позволило на участках с инженерной противолавинной защитой исключить сход лавин, на остальных участках лавинные процессы держать под контролем, обеспечивающим бесперебойное и безопасное движение поездов. Работа по наращиванию объёмов инженерной защиты продолжается в рамках модернизации железнодорожного пути по программе перевода на общероссийскую колею.

Литература

1. Васильев А.Б., Иванов А.В. Опыт организации лавинной службы на Южно-Сахалинском отделении ДВЖД, Сборник статей «Снег и лавины Сахалина», 1975. С. 84-92
2. Казаков Н.А., Боброва Д.А. Лаборатория лавинных и селевых процессов ДВГИ ДВО РАН Практическое лавиноведение, Методическое пособие для снеголавинной станции ДВЖД, 2011. С. 94
3. Исаенко Э.П., Марин Ю.А. О снежных лавинах на участках железных дорог южного Сахалина, Сборник статей «Лавины Сахалина и Курильских островов», 1971. С. 102-108
4. Гляциологический словарь под ред. Котлякова В.М. Л., Гидрометеиздат, 1984. С.527
5. Жируев С.П., Окопный В.И., Казаков Н.А. и др. Лавинная опасность на автомобильных и железных дорогах Сахалина и Курил, Геориск-2010 №4-С.50-57.

GLOBAL WARMING REDUCES THE CONSEQUENCES OF SLUSHFLOWS

E. Hestnes, S. Bakkehøi, C. Jaedicke

Norwegian Geotechnical Institute, Oslo, Norway

Abstract. Most recent publications on natural hazards, if they mention slushflows at all, state that their impact on mankind will increase. However, milder weather, shorter winters, less snow and rise of the snowline will mainly shift the potential problem of slushflows (as well as avalanches) away from populated areas. As the frequency and intensity of debris flows and other types of rapid mass movement in steep terrain will increase, there will hardly be any migration into their hazard zones. Consequently, global warming reduces the impact of slushflows and avalanches.

Key words: Global warming, slushflows, consequences, mankind, demography.

Introduction.

Change in global weather patterns causes a shift in the potential of most natural hazards around the world. Most likely, the frequency and intensity of natural hazards will increase in some regions and decrease in others. From a human perspective, the consequences of some hazards will increase, and that of others will decrease.

When reading reports dealing with consequences of global warming, one might get the impression that all problems related to rapid mass movement in steep terrain will increase [1, 2]. However, it is highly debatable whether increased cycling between rain and snow, shorter winters and a general rise of the snowline will increase the impact of avalanches and slushflows on mankind [3].

Most of the Arctic and parts of the cold continental regions are obviously subject to more snow and rain in winter, and consequently to a higher potential of large avalanches and more frequent slushflows [4-6]. The frequency and amount of precipitation may also increase in some mountainous regions throughout the world. It is, however, unlikely that these changes in remote areas will exceed the reduction in consequences in more densely populated areas, even if one takes future migration into account.

Slushflow occurrence.

Slushflows – rapid mass movement of water-saturated snow – are normally released where a critical water pressure is attained in the snowpack due to rain and/or snowmelt [7-8]. They occur in all countries and regions with permanent or seasonal snow cover [9].

Slushflows are often classified as avalanches or debris flows, despite their obvious differences in release mechanism and flow dynamics. Their genesis and behaviour is, however, to some extent comparable to that of debris flows.

Regions exposed to cyclonic activity during autumn and winter are particularly prone to slushflows. They are often disregarded in hazard evaluation with dire consequences for both people and infrastructure.

Slushflow releases during spring and summer break-up are especially frequent in Arctic, cold continental and mountainous regions throughout the world and some can become very large. Reported consequences of slushflows from these sparsely populated regions are few, but probably underreported.

The sparsity of information on slushflow occurrences is partly because the phenomenon does not have a unique term in national languages [7, 9]. In the media and the literature, slushflows are often misclassified as wet snow avalanches, floods, debris flows etc., or described by other names often only known to the local population.

Slushflows often entrain varying quantities of mineralogical material, topsoil and trees. The deposits in those cases may look dark gray or black in melting periods. Such events are often misclassified as debris flows or earth slides (fig. 1). Occasionally, events of rapid mass movement involving snow might even be difficult to classify into a single category at all, when the flow pattern and the dominant character of the mass changes along the path (fig. 2).



Figure 1. Left: Dirty deposit of slush has reached a housing area far below the snowline. Right: The vertical cut in the flank of a deposit on a road shows that the masses consists of wet snow (Photos A. Taurisano, NVE and S H Frækaland, SVV).

Changing consequences to humanity.

Slushflow occurrence and frequency varies widely throughout the world and changes are already being felt in regions affected by global warming. The question is how such changes may affect the consequences of slushflows for humanity. The factors controlling slushflow release, frequency, size and runout, as well as land-use and migration, are keys to the future consequences. Experiences from mainland Norway and Norway's Arctic territories are the basis of our reflections (fig.3).

Slushflows are always depending on a complex interaction between geomorphic factors, snowpack properties and the rate and duration of water supply. Slushflows released due to high cyclonic activity during autumn and winter, and intense snowmelt during spring break-up, occur seemingly at random, sometimes concentrated in regions of limited size.

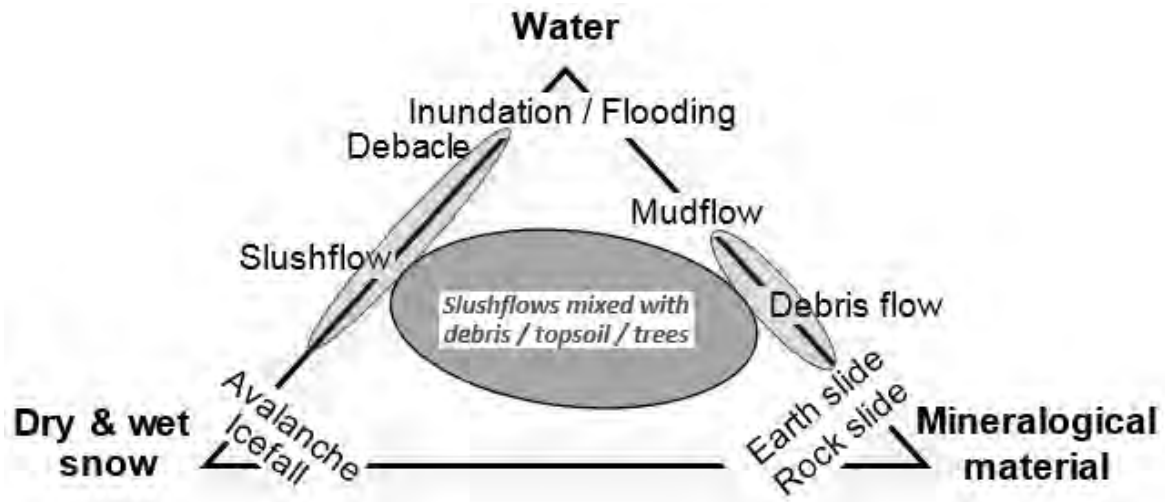


Figure2. Classification of rapid mass movement.

Widespread occurrences of slushflows with extensive impact on human activity and infrastructure are rare. In southern and northern Norway, such episodes have occurred only four and three times, respectively, during the last one hundred years. Only one of these situations occurred due to intense snowmelt in spring. The other extraordinary situations occurred when extreme rainfall in mid-winter fell on a homogeneous coarse-grained snowpack developed over a long period with cold weather and persistent snow down to sea level [10].

Meteorological statistics from regions affected by cyclonic activity already shows a tendency towards more frequent cycling between rain and snow during the winter season. These oscillations cause more frequent slushflows of small volumes and limited consequences early in the winter season, but generally strengthen the winter snowpacks with hard crusts and icy layers, thereby reducing the number of larger slushflows. The statistics also indicate that extreme rainfall on homogeneous coarse-grained snowpacks will become rarer and thereby their consequences will decrease.

In large parts of the cold continental and mountainous regions of the world, the snowline will progressively move to higher elevation due to rising temperature, the length of normal winter seasons will be shorter, and large parts of these regions will most likely get less snow. The tree line will creep uphill and reduce the potential size of starting zones and tracks where soil condition is favourable and pasturing negligible. The general rising of the

snowline will also reduce the potential runout of slushflows, even though the starting zones remain the same.

The massive impact of global warming in parts of the Arctic and in some continental regions have resulted in more snow by now, as well as slushflows in mid-winter due to heavy rain and snowmelt. This dramatic shift in weather patterns is expected to continue and to harm human activity in these regions. Fortunately, most of these regions are sparsely populated. However, the settlement of Longyearbyen in the Norwegian Arctic will be seriously exposed [4, 6].

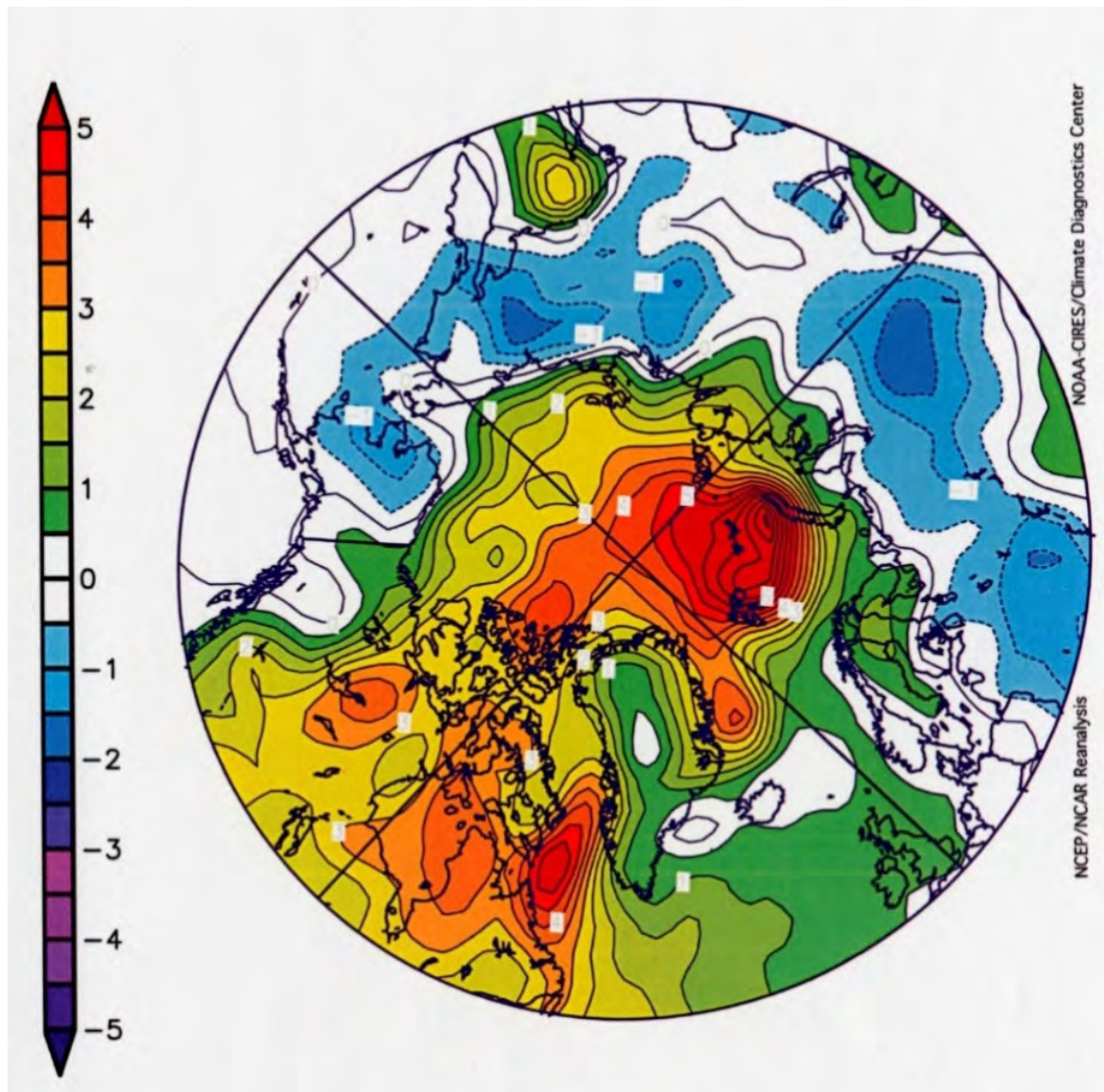


Figure 3. Warming of the Arctic is changing continuously.

Summary.

For the Globe as a whole, there is a clear warming trend, but there are striking regional variations, with a few areas even showing a slight cooling, as well as unexpected changes of the global weather systems. In most places, winter temperatures are rising more rapidly than summer temperatures.

The occurrence of heavy rain-on-snow events during winter will dramatically increase the potential of slushflows in parts of the Arctic and cold continental regions, while more snow and strong winds will increase the size and frequency of avalanches.

Outside these regions shorter winters with less snow and rising snowlines will reduce the potential consequences of both slushflows and avalanches.

The potential hazard of slushflows and avalanches will shift away from populated regions. It is unlikely that expansion of settlements and/or human activity into areas with decreasing hazard will outweigh the hazard reduction because other types of rapid mass movements will increase in the same areas. Consequently, global warming altogether reduces the impact of slushflows and avalanches on humans.

References

1. Petkovic G. Climate and Transport. Norwegian Public Road Administration. Report 2013, no. 210, 95 pp + Appendix.
2. Relf G., Kendra J.M., Schwartz R.M., Leathers D.J. and Levia D.F. Slushflow: science and planning considerations for an expanding hazard. *Natural Hazards* 2015, no. 78, 333-354.
3. Jaedicke C., Solheim A., Blikra L.H., Sorteberg A., Aaheim A., Kronholm K., Vikhamar-Schuler D., Isaksen K., Sletten K., Kristensen K., Barstad I., Melchiorre C., Høydal Ø.A. and Mestl H. Spatial and temporal variation of Norwegian geohazards in a changing climate, the GeoExtreme Project. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 2008, no. 8, 893-904.
4. Hansen B.B., Isaksen K., Benestad R.E., Kohler J., Pedersen Å.Ø., Loe L.E; Coulson S.J., Larsen J.O. and Varpe Ø. Warmer and wetter winters: characteristics and implications of an extreme weather event in the High Arctic. *IOP Publishing, Environmental Research Letters* 2014, no. 9, 10 pp.
5. Hanssen-Bauer I., Førland E.J., Haddeland I., Hisdal H., Mayer S., Nesje A., Nilsen J.E.Ø., Sandven S., Sandø A.B., Sorteberg A. and Ådlandsvik B. *Klimai Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpassning oppdatert 2015. (Climate in Norway 2100. Basic knowledge for climatic adaptation updated 2015.)* NCCS report 2015, no. 2, 204 pp.
6. Hestnes E., Bakkehøi S. and Jaedicke, C. Longyearbyen, Svalbard - Vulnerability and risk management of an Arctic settlement under changing climate - A challenge to authorities and experts. *Int. Snow Science Workshop 2016, October 2-7, Breckenridge, Colorado, USA. Proceedings 2016, 363-370.*

7. Hestnes E. 1998. Slushflow hazard - Where, why and when? 25 years of experience with slushflow consulting and research. *Ann.of Glaciol.* 26, 370-376.
8. Hestnes E. and Kristensen K. The diversities of large slushflows illustrated by selected cases. *Data of Glaciological Studies, Moscow.* Publication no. 2012-1, 88-93.
9. Onesti L.J. and Hestnes E. Slushflow Questionnaire. *Annals of Glaciology* 1989, no. 13, 226-230.
10. Hestnes E., Bakkehøi S. and Kristensen K. Slushflows - A challenging problem to authorities and experts. *Data of Glaciological Studies, Moscow.* Publication no. 2012-1, 74-87.

Раздел IX.

**Проектирование и строительство в снежных
регионах. Проблемы горнолыжных курортов.**



Section IX.

**Design and construction in snowy regions,
including ski resorts.**

**СНЕГ КАК ФАКТОР, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИЙ
ВОЗНИКНОВЕНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ,
ВЛИЯЮЩИХ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ГОРНОЛЫЖНЫХ
КУРОРТОВ, И РИСКИ ДЛЯ ТЕРРИТОРИЙ НАСЕЛЕННЫХ
ПУНКТОВ, НАХОДЯЩИХСЯ В НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ
БЛИЗОСТИ ОТ КУРОРТОВ (НА ПРИМЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА
СТК «ГОРНЫЙ ВОЗДУХ», о. САХАЛИН)**

Генсиоровский Ю.В., Казаков Н.А.

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

Аннотация. Развитие горнолыжных курортов в непосредственной близости от населенных пунктов, несет в себе не только доступность для туристов этих комплексов, но и серьезные риски для расположенных в непосредственной близости от таких курортов городов и поселков. Риски связаны со снегом, выпадающим на территории курорта и обусловленные им, гидрометеорологические и экзогенные геологические процессы, влияющие на городские территории.

Ключевые слова: снег, гололедно-изморозевые явления, снеговые нагрузки, половодье, оползни, эрозия, селевые потоки.

**SNOW AS A FACTOR CAUSING THE OCCURRENCE OF
DANGEROUS NATURAL PROCESSES AFFECT THE
FUNCTIONING OF SKI RESORTS AND RISKS FOR TERRITORIES
POPULATED CHECKPOINTS LOCATED IN THE IMMEDIATE
VICINITY OF THE RESORTS FOR EXAMPLE, CONSTRUCTION
STK GORNY VOZDUH (MOUNTAIN AIR), SAKHALIN ISLAND**

Yu. V. Gensiorovskiy, N.A. Kazakov

Sakhalin Department of Far East Geological Institute FEB RAS,
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Abstract. The development of ski resorts in the vicinity of settlements, entails not only the accessibility for tourists to these systems, but also serious risks for those located in the immediate vicinity of such resorts towns and villages. Risks associated with snow falling on the resort and due to them, hydrometeorological and exogenous geological processes affecting urban areas.

Key words: snow, ice-forming, snow loads, flooding, landslides, erosion, debris flows.

Сооружаемые при строительстве горнолыжных курортов объекты инфраструктура располагаются в различных частях горных районов: в предгорьях, в днищах межгорных впадин, в узких слоновых долинах, на склонах и гребневых зонах хребтов. Освещенность метеорологическими

данными и климатическая изученность мест их строительства в пределах даже одного горного массива может существенно изменяться.

Фактически не имеется метеорологических данных, за редким исключением, относящихся к склонам и гребням горных хребтов. Данные очень приближенные и могут дать только представление о фоне возможных максимальных скоростей ветра и гололедных отложений, осадков, снежного покрова.

При этом проектировщики, зачастую не рассматривают прилежащую к участку размещения курорта территорию и её влияние на неё объектов и инфраструктуры, горнолыжного комплекса. Там, где прилегающая территория мало заселена и негативные процессы, неизбежно связанные со строительством, мало затрагивают селитебную территорию, риски для проживающего населения не велики. Однако если предполагаемый к строительству или расширяющийся горнолыжный курорт выходит на хорошо освоенную территорию в районе расположения крупных населенных пунктов, риски возникновения чрезвычайных, а иногда и катастрофических явлений, связанных со строительством горнолыжных комплексов, для территории городских и сельских поселений значительно увеличиваются.

Строящийся в пределах территории г. Южно-Сахалинск, спортивно туристический комплекс (СТК) «Горный воздух», является наглядным примером, возникновения таких рисков.

При развитии горнолыжного комплекса «Горный воздух» предполагается активное строительство большого количества спортивных объектов и сопутствующей им инфраструктуры в Сусунайском хребте в бассейнах р.р. Еланька, Рогатка, Уюновка, Хомутовка и на водоразделе в массивах г.г. Красная, Острая, Российская, пик Чехова.

Территория находится в зоне интенсивного проявления опасных гидрометеорологических процессов: низких температур воздуха, сильных ветров, сильных осадков, снеговых нагрузок, гололёда (Казаков, Генсиоровский, 2007, Генсиоровский, 2011),. И обусловленных ими и геологическим строением территории, экзогенных геологических процессов: оползней, селей, лавин, плоскостной эрозии и суффозии, которые интенсивно развиваются на территории предполагаемой к строительству.

Снежный покров. На метеоплощадке ГМС «Южно-Сахалинск» средняя высота снежного покрова составляет 46 см. Максимальная высота снежного покрова на метеоплощадке за весь период наблюдения составила 135 см (открытое место). По данным снегосъемок в днище Сусунайской долины наибольшая высота – 220 см (Казаков, Генсиоровский, 2007).

Максимальная высота снежного покрова в зависимости от абсолютной высоты местности увеличивается от 100 до 400 см. Так, максимальная наблюдаемая толщина снежного покрова в Сусунайском хребте в марте 1970 г. составила 350 см, а высотной зоне 400-900 м – 400 см.

Среднегодовая высота снежного покрова на г. Красная превышает высоту снежного покрова на ГМС «Южно-Сахалинск» - на 200 - 300 см.

Максимальные значения снеговых нагрузок на объекты и сооружения, возведённых на водоразделе Сусунайского хребта (г. Красная и др.), превысят 1500 кгс/м^2 (максимальные значения снеговых нагрузок в г. Южно-Сахалинске - 600 кгс/м^2) (Лобкина, 2013).

Гололедно-изморозевые явления. СНиП 2.01.07-85* "Нагрузки и воздействия" для Сусунайской долины устанавливает толщину стенки гололеда 20 мм. К сожалению, это крайне заниженное значение, даже для днища Сусунайской долины. Данные о катастрофических случаях формирования отложений мокрого снега, дают совсем другие значения. Так с 1947 г., в южных районах о. Сахалин было отмечено четыре случая формирования катастрофических гололедных отложений: 1949, 1957, 1972, 1988 г.г. В горах же рассматриваемого района в ноябре 1972 г и ноябре 1988 г, толщина отложений мокрого снега достигала 200-300 мм.

Наибольшая толщина гололедно-изморозевых отложений на водоразделе Сусунайского хребта (г. Красная и др.) может превысить 400 мм.

Плоскостная эрозия. Активизация плоскостной эрозии связана с планировкой склонов для горнолыжных трасс и объектов инфраструктуры. При таянии снежного покрова происходит интенсивный вынос мелкозема с талыми водами. Концентрации взвешенных веществ в талой воде превышают $10\,000 \text{ мг/дм}^3$.



Рисунок 1. Эрозионные процессы на трассе «Юг», вызванные таянием снега.

Содержание взвешенных веществ в воде водотоков Сусунайского хребта при половодье, в их естественном состоянии не превышает 100 мг/дм³ (рис. 1).

Речной сток. Меженные периоды на этих реках характеризуются малым стоком, что в маловодные годы создаёт проблемы с обеспечением г. Южно-Сахалиска водой для хозяйственно-питьевого водоснабжения: например, в зимние межени 1996, 1998 и в начале 2000-х годов.

Строительство горнолыжных трасс, канатных и подъездных дорог, уничтожение древесной растительности, удаление почвенно-растительного слоя в высотной зоне 200 – 1000 м, перемещение и складирование на склонах больших объемов срезаемых грунтов, неизбежно приведет к перераспределению поверхностного и подземного стока (С. de Jong, 2013).

Риски для объектов и инфраструктуры СТК «Горный воздух». Гололедно-изморозевые явления и интенсивные снегопады: вероятное обрушение кровель зданий и сооружений, построенных в Сусунайском хребте без учета вертикального градиента осадков, обрыв кабелей электроснабжения, тросов канатных дорог. Активизация оползневых, селевых, эрозионных и суффозионных процессов: разрушение горнолыжных трасс, подъездных дорог, обрушение опор канатных дорог, повреждение зданий и сооружений, находящихся в опасных зонах (рис. 2, 3).



Рисунок 2. Загрязнение р. Еланька взвешенными веществами, поступающими с талым стоком с горнолыжных трасс.



Рисунок 3. Трещины отседания антропогенного оползневой и потенциального селевого массива на трассе «Север».

Риски для объектов и инфраструктуры г. Южно-Сахалинска: Увеличение скорости стекания талых стоков с территории СТК «Горный воздух», значительное увеличение расходов весеннего половодья, на которые не рассчитана пропускная способность мостов, коллекторов ливневой канализации в пределах городской застройки, затопление части территории города Южно-Сахалинск и выход из строя систем ливневой канализации.

Вынос большого количества взвешенных веществ вместе с талыми водами, замывание водоприемных устройств поверхностных хозяйственно-питьевых водозаборов на р.р. Рогатка и Еланька.

Как показывает практика, любое строительство и эксплуатация объектов на территориях, подверженных воздействию опасных природных процессов должны предваряться комплексом инженерно-геологических и инженерно-гидрометеорологических изысканий для выбора наиболее безопасных мест размещения объектов, выбором мероприятий по инженерной защите предполагаемых к строительству объектов и определением стоимости мероприятий по защите объектов и сооружений. По этой причине, развитие горнолыжных курортов при их расположении в пределах городских и сельских территории, должно реализовываться в рамках единой концепции с концепцией защиты территории населенных пунктов от опасных процессов.

Литература

1. Генсиоровский Ю.В. Экзогенные геологические процессы и их влияние на территориальное планирование городов (на примере о. Сахалин). Автореф. канд. дисс. Иркутск, ИЗК СО РАН, 2011 – 19 с.
2. Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В. Влияние вертикального градиента осадков на характеристики гидрологических, лавинных и селевых процессов в низкогорье. /Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. 4. Геокриология. № 4 - М.: МАИК, 2007. с. 342 - 347.
3. Лобкина В.А. Снеговые нагрузки и районирование территории острова Сахалин по весу снегового покрова. Автореф. канд. дисс. Хабаровск, ИВЭП ДВО РАН, 2013 – 24 с.
4. С. de Jong. //Properties and impacts of artificial snow in mountain ski resorts. II International Symposium Physics, Chemistry and Mechanics of snow: abstracts, Yuzhno-Sakhalinsk. Sakhalin Department of Far East Geological Institute FEB RAS. 2013. pp. 163-165.

СНЕГООПАСНОСТЬ о. САХАЛИН

Казакова Е.Н., Лобкина В.А.

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

Аннотация. В работе приводятся сведения о процессах и явлениях, связанных со снегом, вызывающих наиболее неблагоприятные для населения и хозяйства острова последствия: сильных снегопадах и метелях, снежных полигонах, снеговых нагрузках и снежных лавинах. Предлагается методика оценки снегоопасности, основанная на качественной оценке последствий проявления этих процессов на урбанизированной территории. Составлена карта-схема снегоопасности о. Сахалин. Установлено, что наиболее высокую степень снегоопасности имеют г. Оха, г. Шахтерск, г. Углегорск, г. Макаров, г. Холмск, г. Южно-Сахалинск, г. Корсаков. Они расположены (за исключением г. Оха и г. Южно-Сахалинск) на морских берегах южной части острова, где высокая степень снегоопасности обеспечивается сочетанием гидрометеорологических и геоморфологических условий.

Ключевые слова: снегоопасность, снег, Сахалин.

SNOW HAZARDS ON SAKHALIN ISLAND

E.N. Kazakova, V.A. Lobkina

Sakhalin Department of Far East Geological Institute FEB RAS,
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Abstract. The paper presents information on snow hazards on Sakhalin Island. The most adverse impacts on the population and economy of Sakhalin Island are caused by heavy snowfall, snow storms, snow loads and avalanches. The paper presents a method for snow hazard assessment based on qualitative assessment of these processes according to specific characteristics. Also, the paper presents a schematic map of snow hazards on Sakhalin Island. The cities of Okha, Shakhtersk, Uglegorsk, Makarov, Kholmok, Yuzhno-Sakhalinsk and Korsakov are exposed to the highest degree of snow risk on Sakhalin Island.

Key words: snow hazard, snow, Sakhalin Island.

Введение. Совокупность неблагоприятных последствий, связанных с выпадением снега, можно объединить понятием "снегоопасность территории". Снегоопасность – это комплекс неблагоприятных или катастрофических процессов и явлений, возникающих в результате выпадения твердых атмосферных осадков, формирования, перекристаллизации и разрушения снежного покрова в естественных или антропогенных условиях (Снегоопасность..., 2005). В зарубежной практике используется аналогичный термин "snow hazard" (Rooney, 1967).

Комплексная оценка влияния процессов и явлений, связанных со снегом, позволит обосновать экономические затраты на борьбу с ними и

сделать территорию более безопасной для населения. Нами рассмотрены процессы и явления, имеющие наиболее неблагоприятные последствия для экономики о. Сахалин: снегопады и метели, снеговые нагрузки, снежные лавины, и, кроме того, такие объекты, как снежные полигоны.

Методика оценки снегоопасности. Для каждого из рассматриваемых процессов было выделено 4 категории снегоопасности (табл. 1), параметры выделения которых основываются на качественной оценке последствий их проявления. По каждому из рассматриваемых процессов и явлений был выбран свой параметр, наиболее полно отражающий его характеристику.

Таблица 1.

Параметры выделения категорий снегоопасности.

Процессы и явления	Параметр и единица измерения	Категория снегоопасности			
		низкая (1 балл)	средняя (2 балла)	высокая (3 балла)	очень высокая (4 балла)
сильные снегопады	максимальное количество твердых осадков за 12 часов, мм	<10	10-20	20-30	>30
сильные метели	максимальная продолжительность за зиму, час	<200	200-400	400-600	>600
снежные полигоны	для городов - объем складированного снега на момент закрытия полигона, тыс. м ³	<200	200-400	400-600	>600
снеговые нагрузки	максимальное значение веса снегового покрова на 1 м ² поверхности, кПа	<2	2 - 3	3 - 5	>5
снежные лавины	для городов - площадная пораженность территории, %	<10	10 - 20	20 - 40	>40
	для территории острова - среднее количество лавиносборов на погонный километр долины или берега, шт.	<1	1-5	5-10	>10

В связи с нехваткой среднемноголетних данных о максимальном количестве твердых осадков за 12 ч для оценки опасности сильных снегопадов были использованы данные за период 2005-2016 гг. К более высоким категориям опасности нами отнесены снегопады, относящиеся по терминологии Росгидромета к очень сильным (РД 52.88.699-2008), т.е. с количеством осадков 20 мм и более за 12 ч и менее. При средней плотности свежеснежавшего снега 100-120 кг/м³ 20 мм осадков соответствует слою снега 15-20 см. При таких снегопадах приостанавливают движение транспорта за пределами населенных пунктов. К "очень высокой" категории нами отнесены снегопады с количеством осадков более 30 мм за 12 часов и менее. Например, такое

количество осадков приносит 25-30 см свежеснег выпавшего снега (при средней плотности 100-120 кг/м³), что составляет для территории г. Южно-Сахалинск почти 50 млн. м³ снега (площадь города 164 км²).

Критерием оценки степени воздействия сильных метелей была выбрана максимальная продолжительность метелей за зиму. Такие параметры, как интенсивность или объем метелевого переноса, на наш взгляд, менее репрезентативны в связи с крайне незначительным объемом фактических данных об этих параметрах для территории о. Сахалин, а также с несовершенством методик расчета интенсивности и объема снегопереноса. В связи с отсутствием наблюдений за метелями в настоящее время использованы данные (Справочник по климату СССР, 1985).

Определяющим параметром для снеговых нагрузок является их максимальное значение. Нами были выделены только высокая и очень высокая категории опасности, что связано с большими значениями этой величины (более 3,2 кПа), характерными для территории о. Сахалин (для сравнения, согласно (СП 20.13330.2011, 2011), для большей части территории России снеговые нагрузки принимаются равными 0,8-3,2 кПа).

Снежные полигоны оценены по объему складированного в них снега на момент закрытия, так как данная характеристика будет влиять на вероятность развития опасных экзогенных геологических процессов на прилегающей территории, а также на масштабы ее загрязнения.

Для оценки лавинной опасности определенной территории целесообразно использовать такой параметр, как площадная пораженность лавинными процессами (это отношение площади, подверженной воздействию лавин к общей площади определенной территории, например, населенного пункта). Использование данных об объеме и повторяемости лавин для оценки лавинной опасности большой территории затруднительно: сложно сравнить лавинную опасность двух участков, на одном из которых 2-3 раза за зимний сезон сходят лавины объемом 1 тыс. м³, на другом - 1 раз в 20-25 лет сходят лавины объемом в 100 тыс. м³. Однако, расчет площадной пораженности лавинными процессами для всей территории о. Сахалин - очень объемная и достаточно сложная техническая работа, поэтому при оценке лавинной опасности территории острова (за исключением городов) нами использован такой параметр, как среднее количество лавиносборов на погонный км речной долины или морского берега.

В связи с отсутствием гидрометеорологических станций (ГМС) в горных районах оценка опасности сильных снегопадов и метелей, а также комплексная оценка снегоопасности о. Сахалин выполнена только для равнинных территорий. Для оценки степени опасности равнинных территорий от сильных снегопадов и сильных метелей данные ГМС

были интерполированы с учетом климатического районирования и рельефа острова.

Каждой категории снегоопасности присваивалось от 1 до 4 баллов (см. табл. 1). По итогам оценки снегоопасности территории баллы по каждому параметру суммировались, и, таким образом, стало возможным выявить города или районы острова, для которых характерна наибольшая суммарная нагрузка от воздействия рассматриваемых процессов.

Результаты и их обсуждение. Итог комплексной оценки снегоопасности - карта-схема, отражающая суммарное количество баллов (рис. 1). Как видно по рис. 1, наиболее высокая суммарная степень снегоопасности по четырем рассматриваемым процессам (сильные снегопады, сильные метели, снеговые нагрузки, снежные лавины) характерна для прибрежных районов острова: на восточном побережье п-ова Терпения (Поронайский район), на западном побережье севернее мыса Ламанон (Углегорский район) и между мысом Слепиковского и мысом Лопатина (Холмский и Невельский районы). Это обусловлено, главным образом, сочетанием большого количества лавиносборов на пог. км в береговых лавинных комплексах и высокой продолжительностью метелей на берегах острова.

Наиболее высокую степень снегоопасности имеют г. Оха, г. Шахтерск, г. Углегорск, г. Макаров, г. Холмск, г. Невельск, г. Южно-Сахалинск, г. Корсаков, г. Долинск. Они расположены (за исключением г. Оха, г. Южно-Сахалинск и г. Долинск) на морских берегах центральной и южной частей острова, где высокая степень снегоопасности обеспечивается неблагоприятным сочетанием гидрометеорологических и геоморфологических условий. Около 50% населения Сахалинской области проживает в трех городах (г. Южно-Сахалинск, г. Холмск и г. Невельск), где снегоопасность составляет 13 - 16 баллов (максимальные значения).

Заключение. Для о. Сахалин наиболее высокая степень снегоопасности характерна для вдольбереговых территорий, что обусловлено благоприятным сочетанием гидрометеорологических и геоморфологических условий, в том числе, большой продолжительностью метелей, высокой интенсивностью снегопадов и большим количеством лавиносборов на пог. км берега.

В регионах с длительным периодом залегания снежного покрова проблема снегоопасности урбанизированных территорий стоит достаточно остро. В настоящее время на о. Сахалин решить эту проблему практически невозможно, можно только уменьшить последствия от многоснежных зим за счет территориального планирования населенных пунктов, инженерной защиты и организационных мер.

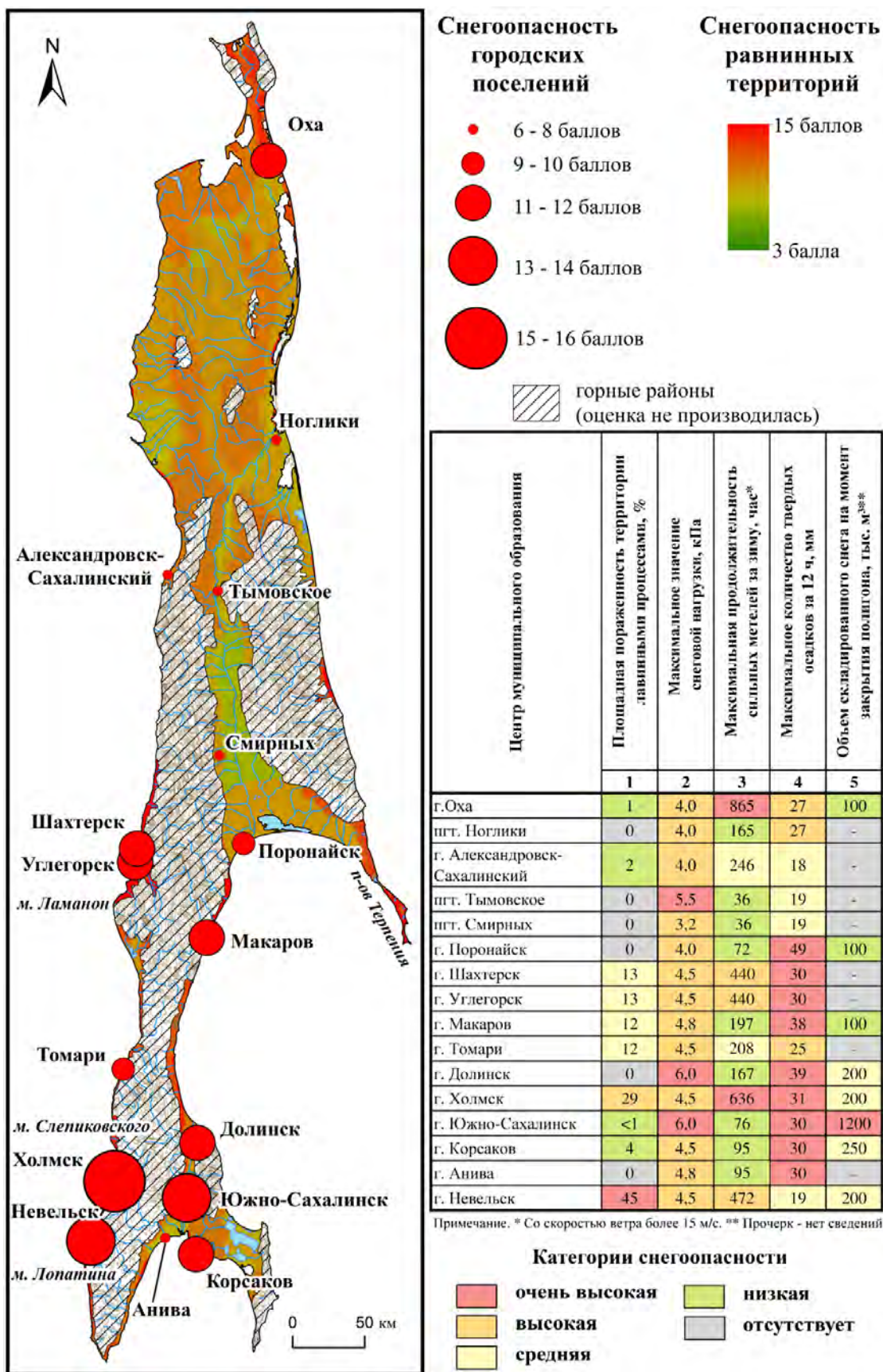


Рисунок 1. Карта-схема снегоопасности о. Сахалин.

Литература

3. РД 52.88.699-2008. Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений. - М.: Росгидромет, 2008. - 30 с.
4. Снегоопасность юга Восточной Сибири и Дальнего Востока. Карта / Под ред. В.Р. Алексеева. Иркутск, 2005.
5. СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия». Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М.: ОАО «ЦПП», 2011, 94 с.
6. Справочник по климату СССР. Особо опасные метеорологические явления / Под ред. Д.Ф. Лазаревой. Южно-Сахалинск, 1985, 288 с.
7. Rooney J.F. The Urban Snow Hazard in the United States: An Appraisal of Disruption // Geographical Review, 1967, vol. 57, №. 4, p. 538-559.

СНЕГООЧИСТКА КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ СОХРАНЕНИЯ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ В ОСНОВАНИИ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ В КРИОЛИТОЗОНЕ

Кондратьев В.Г.

Забайкальский государственный университет, Чита, Россия

Аннотация. Анализируются причины длительных деформаций железных и автомобильных дорог в криолитозоне, делается вывод о том, что в основном они связаны с деградацией льдистых многолетнемерзлых грунтов, предлагаются мероприятия по дополнительному охлаждению многолетнемерзлых грунтов в основании дорог с помощью регулирования теплотополюков в летний и зимний периоды, в том числе осветлением поверхности массивов грунтов, недопущением проникновением в них дождевых и подземных вод, предотвращением накопления снежного покрова. Освещается опыт применения для этого запатентованных способов стабилизации земляного полотна на льдистых многолетнемерзлых грунтах с помощью снегоочистки, противифильтрационной пленки, светоотражающих покрытий и солнцезащитных навесов. Приводятся сведения о первом положительном опыте решения аналогичных задач на объектах магистрального нефтепровода ВСТО-1.

Ключевые слова: криолитозона, снегоочистка, навесы.

SNOW CLEARANCE AS AN EFFECTIVE WAY TO PRESERVE PERMAFROST-BASED LINEAR INFRASTRUCTURES IN THE CRYOLITHOZONE

V.G. Kondratiev

Transbaikal State University, Chita, Russia

Abstract. The causes of long-term deformations of railways and roads in the permafrost zone (cryolithozone) are analysed and it is concluded that they are mainly associated with the degradation of permafrost. The following measures are proposed to assure additional cooling of permafrost at the base of roads through the regulation of heat flows in summer and winter periods: brightening soil surfaces, preventing infiltration of rain and groundwater into the soil and preventing the accumulation of snow cover. Experiences with proven methods for stabilizing the road substrate on permafrost soils with the help of snow removal, anti-infiltration films, reflective coatings and sun-protection coatings are described. The first positive experiences addressing similar challenges for the ESPO-1 oil pipeline are presented.

Key words: cryolithozone, snow clearance, protection.

В районах с вечной мерзлотой горных пород, занимающих около 65 % территории России, эксплуатация железных и автомобильных дорог, а также магистральных трубопроводов сопряжена со значительными, все возрастающими и часто непроизводительными материальными и трудовыми затратами, в частности, на их текущее содержание и ремонты. В основном, это связано с оттаиванием льдистых грунтов в основании сооружений (рис. 1-3).

Проблема стабилизации земляного полотна дорог на сильнольдистых вечномерзлых грунтах на протяжении многих десятилетий является актуальной не только в России (Еленевский и Низовкин, 1936; Кондратьев, 2011), но также в США и Канаде (Roads ..., 1996), в Китае (Niu & Shen, 2006).



Рисунок 1. Деформации пути Забайкальской жд., 6278 км, март 2013 г.



Рисунок 2. Деформации автодороги «Амур» Чита – Хабаровск, 247 км, март 2015 г.

Деформации дорог на вечной мерзлоте обычно имеют длительный характер и связаны с деградацией вечной мерзлоты в основании земляного полотна под воздействием увеличения количества поглощенной земляным полотном солнечной радиации по сравнению с естественной поверхностью, инфильтрации летних осадков через тело насыпи, увеличения толщины снежного покрова у основания насыпи и на прилегающей территории (рис. 3).

На косогорных участках этому также способствует фильтрация поверхностных и подземных вод в тело и основание земляного полотна.

В этой связи возникает необходимость сохранения грунтов основания земляного полотна в многолетнемерзлом состоянии при

строительстве и эксплуатации дорог или, если процесс деградации вечной мерзлоты под земляным полотном уже происходит, прекращение этого процесса. Все это требует дополнительного охлаждения грунтов основания земляного полотна с помощью естественного или искусственного холода.

Нами предложены способы укрепления основания земляного полотна дорог на вечномёрзлых грунтах (Кондратьев, 2011), основанные на понижении среднегодовой температуры грунтов и сохранении их в многолетнемерзлом состоянии путем регулирования соотношения природных охлаждающих и отепляющих факторов таким образом, чтобы в земляном полотне и на прилегающей территории уменьшался приход тепла и увеличивался его расход.

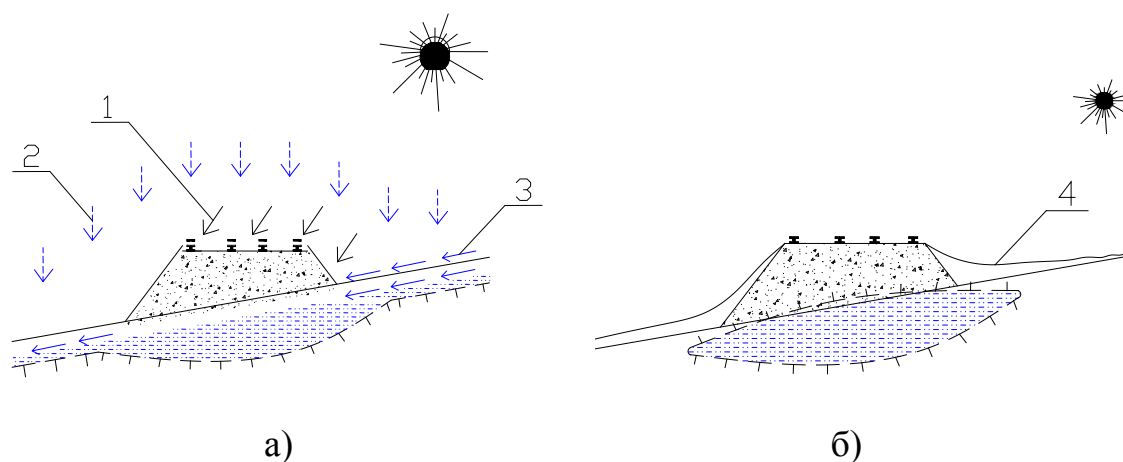


Рисунок 3. Основные отепляющие факторы, приводящие к оттаиванию многолетней мерзлоты в основании насыпи: а) – летние: 1 – солнечная радиация, 2 – атмосферные осадки, 3 – поверхностные и подземные воды; б) – зимние: 4 – снежный покров.

Учитывая, что снег очень сильно влияет на температурный режим почв и грунтов (Воейков, 1889; Достовалов и Кудрявцев, 1967) были предложены способы укрепления основания дорог с помощью предотвращения снегонакопления на откосах земляного полотна дорог и прилегающей территории. Их два: снегоочистка и окраска; солнцесадкозащитный навес.

Первый способ предусматривает систематическое удаление снега с откосов земляного полотна и части прилегающей территории зимой и окраску их в белый цвет весной. В соответствии с патентом на изобретение № 1764371 (Кондратьев и др., 1971б) способ заключается в следующем.

На участках льдистых многолетнемерзлых грунтов возводят насыпь по технологии, предусматривающей сохранение грунтов основания в многолетнемерзлом состоянии: просеки прорубают зимой без корчевки

пней и с сохранение мохово-растительного покрова; первый слой насыпи отсыпают методом "с головы", не допуская движения машин по естественному основанию; производят послойное уплотнение насыпи.

В первой половине зимы (с момента установления устойчивого снежного покрова и до момента инверсии знака теплопотока) производят систематическое удаление снега с проезжей части пути, откосов насыпи и части прилегающей территории. Момент инверсии знака теплопотока определяется по данным ближайшей метеостанции, когда среднесуточная температура воздуха становится устойчиво выше аналогичной температуры поверхности почвы. Ширина очищаемой от снега полосы возле насыпи должна, как правило, быть больше ширины боковой поверхности насыпи, но меньше мощности слоя годовых колебаний температуры грунтов для оголенной поверхности. Снегоочистка может осуществляться любым способом: механическим, газодинамическим, с помощью авиационного двигателя, установленного на платформе или дрезине и др.

Весной после схода снега производят окраску откосов насыпи южной, восточной и западной экспозиций, а также верхнего строения пути в белый цвет. Экспозиция откосов насыпи определяется по плану трассы или на месте в зависимости от ориентации по странам света. Краска может быть любой, но обязательно экологически чистой. Покраску пути можно производить краскопультом, установленным на платформе (дрезине) или переносным. Окраска пути должна хорошо отражать солнечную радиацию в весенне-летний период, поэтому при существенном загрязнении (порядка 60%) защищаемой поверхности окраску следует обновлять.

Положительный эффект достигается тем, что устранение теплоизолирующего влияния снега в первой половине зимы резко усиливает тепловой поток из грунтов тела и основания насыпи в атмосферу – происходит их интенсивное охлаждение. Существенное увеличение альбедо поверхности (α), покрытой новой ($\alpha=75\%$) или старой ($\alpha=55\%$) белой краской, по сравнению с естественной поверхностью мари ($\alpha=25\%$) и в особенности с зачерненной мазутом и угольной пылью поверхностью пути ($\alpha=6\%$) уменьшает поглощение солнечной радиации и сокращает прогрев земляного полотна. Усиление зимнего охлаждения земляного полотна и уменьшение его летнего прогрева сохраняют основание дороги в мерзлом состоянии. Предотвращение деградации мерзлоты под земляным полотном обеспечивает его стабильность.

Вместо окрашивания можно использовать щебень белого цвета.

Второй способ укрепления основания земляного полотна на многолетнемерзлых грунтах в соответствии с патентом на изобретение № 1740555 (Кондратьев и др., 1971а) заключается в следующем. Для

предотвращения отепляющего влияния прямой солнечной радиации и летних осадков, а также резкого снижения теплоизолирующего влияния снежного покрова и соответствующего увеличения расхода тепла зимой, над земляным полотном сооружается солнцезащитный навес.

Конструкция навеса определяется географической широтой и климатическими условиями местности, экспозицией откосов и высотой насыпи. Навес может сооружаться также на нулевых местах продольного профиля и в выемках. Причем в выемках может быть достигнут наибольший технический и экономический эффект, существенно сокращены земляные работы.

Положительный эффект применения навеса достигается тем, что под ним не образуется снежный покров – происходит интенсивное зимнее охлаждение земляного полотна и его основания, исключаются инфильтрация летних осадков и прямая солнечная радиация, являющиеся обычно основными причинами деградации мерзлоты и осадки земляного полотна на относительно ровных участках местности. При сохранении высоких прочностных свойств мерзлых грунтов основания дороги отпадает необходимость в дополнительных противодеформационных мероприятиях, упрощается конструкция насыпи, возрастают пропускная способность линии и сроки службы элементов пути.

По нашему предложению солнцезащитные навесы сооружены в Китае на железных и автомобильных дорогах в Тибете. По данным (Niu & Shen, 2006) навесы могут понижать температуру грунтов на 3-5°C и обеспечивать стабильность земляного полотна на вечномерзлых грунтах.

Способы укрепления основания дорог с помощью предотвращения снегонакопления на откосах земляного полотна дорог и прилегающей территории прошли определенную апробацию путем публикации статей и докладов в отечественных и зарубежных изданиях, специальных монографий (Кондратьев, 2011), а также использования в опытно-экспериментальных проектах Амуро-Якутской железнодорожной магистрали и подъездного ж.д. пути Улак – Эльга, при технико-экономическом обосновании стабилизационных мероприятий для Забайкальской ж.д., при разработке технических предложений по стабилизации земляного полотна на некоторых участках Восточно-Сибирской ж.д., а также автодороги «Амур» Чита-Хабаровск. Некоторые технические решения, в частности, солнцезащитный навес, реально применены в Китае при строительстве Цинхай-Тибетской ж.д. (Niu & Shen, 2006) и реконструкции Цинхай-Тибетского шоссе и в России на Восточно-Сибирской ж.д. (Кондратьев и Валиев, 2016) и на магистральном нефтепроводе ВСТО-1 (Кондратьев и др., 2016). Везде они показали высокую эффективность.

Литература

1. Воейков А.И. Снежный покров, его влияние на почву, климат и погоду, и способы исследования. СПб.: Типография Императорской Академии Наук, 1889. – 212 с.
2. Достовалов Б.Н., Кудрявцев В.А. Общее мерзлотоведение. М.: Изд-во МГУ, 1967. – 404 с.
3. Еленевский В.В. и Низовкин Г.А. Железнодорожное строительство в условиях мерзлоты. М.: Трансжелдориздат, 1936.
4. Кондратьев В.Г. Стабилизация земляного полотна на вечномёрзлых грунтах. – Чита: Забтранс, 2011.
5. Кондратьев В.Г., Бронников В.А., Пузиков А.Ф. Первый опыт охлаждения массива многолетнемёрзлых грунтов путем регулирования теплотоков через его поверхность // Наука и технология трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2016. № 2 (22). С. 66-73.
6. Кондратьев В.Г. и Валиев Н.А. Стабилизация земляного полотна центрального участка БАМ с помощью солнцезащитных навесов. Сб. докладов международной научно-технической конференции «Казахстан-Холод 2016» (1-2 марта 2016 г.) – Алматы: АТУ, 2016. с. 65-72.
7. Кондратьев В.Г., Королев А.А., Карлинский М.И., Позин В.А. и Розанов А.С. Железнодорожный путь на сильнольдистых вечномёрзлых грунтах. Патент на изобретение № 1740555, 1992а.
8. Кондратьев В.Г., Королев А.А., Карлинский М.И., Позин В.А. и Розанов А.С. Способ укрепления основания земляного полотна на сильнольдистых грунтах. Патент на изобретение 1764371, 1992б.
9. Niu Fujin, Shen Yongping. Guide of Field Excursion after Asian Conference on Permafrost (Aug. 10-16, 2006). Lanzhou, China, 2006.- 28 p.
10. Roads and airfields in cold regions. ASCE, New York, 1996.

ИССЛЕДОВАНИЕ СНЕГОВОЙ НАГРУЗКИ НА КРОВЛИ

Лобкина В.А.¹, Кононов И.А.¹, Потапов А.А.²

¹ Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,
Сахалинский филиал, Южно-Сахалинск, Россия

² Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

Аннотация. Разработана система дистанционного мониторинга изменения снеговой нагрузки на горизонтальную поверхность. Система функционирует в режиме реального времени и представляет собой весовую платформу, оснащённую тензодатчиками, подключённую к подсистеме аналого-цифрового преобразования данных, с заданной дискретностью сохраняющей значение текущей нагрузки на ПК. С помощью системы получены данные о динамике изменения снеговой нагрузки на кровлю здания во время снегопадов, прошедших на территории г. Южно-Сахалинска в зимнем сезоне 2014-15 гг. Анализ полученных данных показал, что пиковая нагрузка на поверхность кровли во время снегопада может существенно превышать среднюю нагрузку от снега, фиксируемую по окончании снегопада, что должно учитываться при проектировании зданий и сооружений в регионах с устойчивым снежным покровом.

Ключевые слова: снеговая нагрузка, снегонакопление, мониторинг, толщина снегового покрова.

STUDY OF SNOW LOADING ON ROOF

V.A. Lobkina¹, I.A. Kononov¹, A.A. Potapov²

¹ Sakhalin Department of Far East Geological Institute FEB RAS,
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

² Special Research Bureau for Automation of Marine Researches,
Far Eastern Branch RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Abstract. Obtaining real-time data on changes in snow loading during snowfall is an important task which has not yet been given sufficient attention.

The purpose of the research is to obtain data on the changing dynamics of snow loading during snowfall. A remote monitoring system for snow loading was developed for this purpose. The system developed provides continuous collection and transmission of data on variations in snow loading over a unit area. This information allows monitoring of the amount of snow loading and the dynamics of the snow accumulation during snowfall.

Data are obtained at 1-minute intervals with a 50 gr sensitivity to changes in loading. The platform is designed to load a maximum of 100 kg. After a snowfall event, the platform needs to be cleared. In 2015 the system was started in test mode. It is planned that the system will work without clearing during the entire period of snow cover loading.

The system represents a square platform of 1 m² equipped with 4 TOKVES BBA strain gauges at the corners.

Data from the system were obtained over a two-month period from the end of January to the middle of March. For this period 9 snowfall events were monitored. The incremental amounts of snow loading recorded by the system during snowfalls in the winter season of 2014-15 varied between 10-100 kg/m².

The analysis of the data obtained shows that the maximum snow loading on a roof is related to peak snowfall, and then starts to decrease under the influence of the external factors.

Three major factors influencing the development of snow loading on a flat roof are revealed and analyzed: the quantity of the fallout of solid precipitation, snow melt and snow redistribution by wind.

The application of the developed system allows the reception of real-time values of snow loading on roof buildings instead of a calculated value from the snow weight on the ground. This information can be used for correcting snow loading standards.

Key words: snow load, snow accumulation, monitoring, depth of snow cover.

Введение. Анализируя случаи обрушения кровель, произошедших на территории РФ [1, 2], можно сделать вывод, что основное количество обрушений произошло не из-за постепенного нагружения кровель в течение зимы, а по причине резкого увеличения снеговой нагрузки за короткий промежуток времени – снегопад. При кратковременных снеговых нагрузках происходит резкое увеличение массы снега на кровле за короткий промежуток времени. Снег не успевает равномерно распределиться по всей площади, что ведёт к обрушению кровли вследствие критического увеличения нагрузки на её отдельные участки.

Оценка прироста величины снеговой нагрузки на кровлю в течение снегопада может существенно повлиять на общее рассмотрение проблемы снегонакопления на кровле и на нормирование снеговой нагрузки. Однако данному вопросу обычно не уделяется должного внимания.

Цель работы – получить данные о динамике изменения снеговой нагрузки за снегопад. Для этого была разработана система дистанционного мониторинга снеговой нагрузки (далее – система). Разработанная система обеспечивает непрерывный сбор и передачу данных об изменении снеговой нагрузки с единицы площади. Получение этой информации позволяет судить о величине снеговой нагрузки и о динамике снегонакопления в течение снегопада.

Данная информация является основой для научно-исследовательских и проектно-изыскательских работ в регионах, где влияние снежного покрова на население и хозяйственно-экономическую деятельность имеет большое значение.

Описание системы. Система представляет собой квадратную платформу площадью 1 м^2 , оборудованную четырьмя тензодатчиками «ТОКВЕС» ВВА по углам. Тензодатчик «ТОКВЕС» ВВА представляет собой балку, которая одним концом неподвижно фиксируется, а на другой конец прикладывается сила. Чувствительный элемент закрыт защитным кожухом в виде сиффона. Датчики имеют высокую точность, и высокий класс защиты от влаги.

Тензодатчики подключены к суммирующей коробке, в которой на основе значений нагрузки, полученных с датчиков, рассчитывается фактическая масса снега. Суммирующая коробка подключена к весовому индикатору «ТОКВЕС» SH-50, через который осуществляется предварительная настройка и калибровка весов. После настройки

значение текущей массы с суммирующей коробки приходит на индикатор и отображается на электронном табло. Весовой индикатор оснащён, также, интерфейсом RS485, позволяющим передавать данные на другие устройства, в том числе и на персональный компьютер, по протоколу Modbus. В нашем случае, было необходимо записывать данные на электронный носитель в режиме реального времени. Поэтому весовой индикатор был подключён к персональному компьютеру. Для связи с компьютером в описываемой системе используется конвертер «Bolid» USB-RS485. Также авторами была разработана программа на языке C#, принимающая данные с USBпорта, подключённого к индикатору, и сохраняющая их в удобном для дальнейшей работы формате (в формате «.xls»).

Данные принимаются с дискретностью в 1 минуту, чувствительность к изменению нагрузки составляет 50 гр. Платформа рассчитана на нагрузку, не превышающую 100 кгс/м^2 . После снегопада платформа нуждается в расчистке. В 2015 году система была запущена в тестовом режиме, в дальнейшем планируется работа системы без расчистки в течение всего периода залегания снежного покрова, в связи с чем планируется использовать датчики, рассчитанные на большую нагрузку.

Результаты наблюдений. В январе 2015 года было проведено тестирование системы на территории г. Южно-Сахалинска. Платформа была установлена на плоской крыше трёхэтажного здания. Площадь кровли 3570 м^2 , ориентация крыши С-Ю, под господствующее направление ветров во время метелей. Весовой индикатор и система приема и обработки данных были установлены в помещении. Проверялась возможность получения данных об изменении величины прироста снеговой нагрузки во время снегопада.

По метеорологическим условиям зимний сезон 2014-15 гг. можно охарактеризовать как нетипичный для г. Южно-Сахалинска. В течение периода наблюдений были оттепели, дожди, а так же смешанные виды осадков, к воздействию которых система не была подготовлена. Сумма среднемесячных температур за холодный период по ГМС «Южно-Сахалинск» в среднем составляет -34°C , а в зимнем сезоне 2014-15 гг. составила -24°C .

За период работы системы по ГМС «Южно-Сахалинск» выпало 64,7 мм осадков, при средней температуре $-3,9^\circ\text{C}$. Снегопады чаще всего отмечались при северных ветрах (75%) и средней скорости ветра 4-5 м/с.

Наши наблюдения пришлись на вторую часть периода с устойчивыми морозами, что связано со временем готовности системы к работе. Период работы системы – два месяца (с конца января по середину марта). За данный период были отслежены 9 снегопадов.

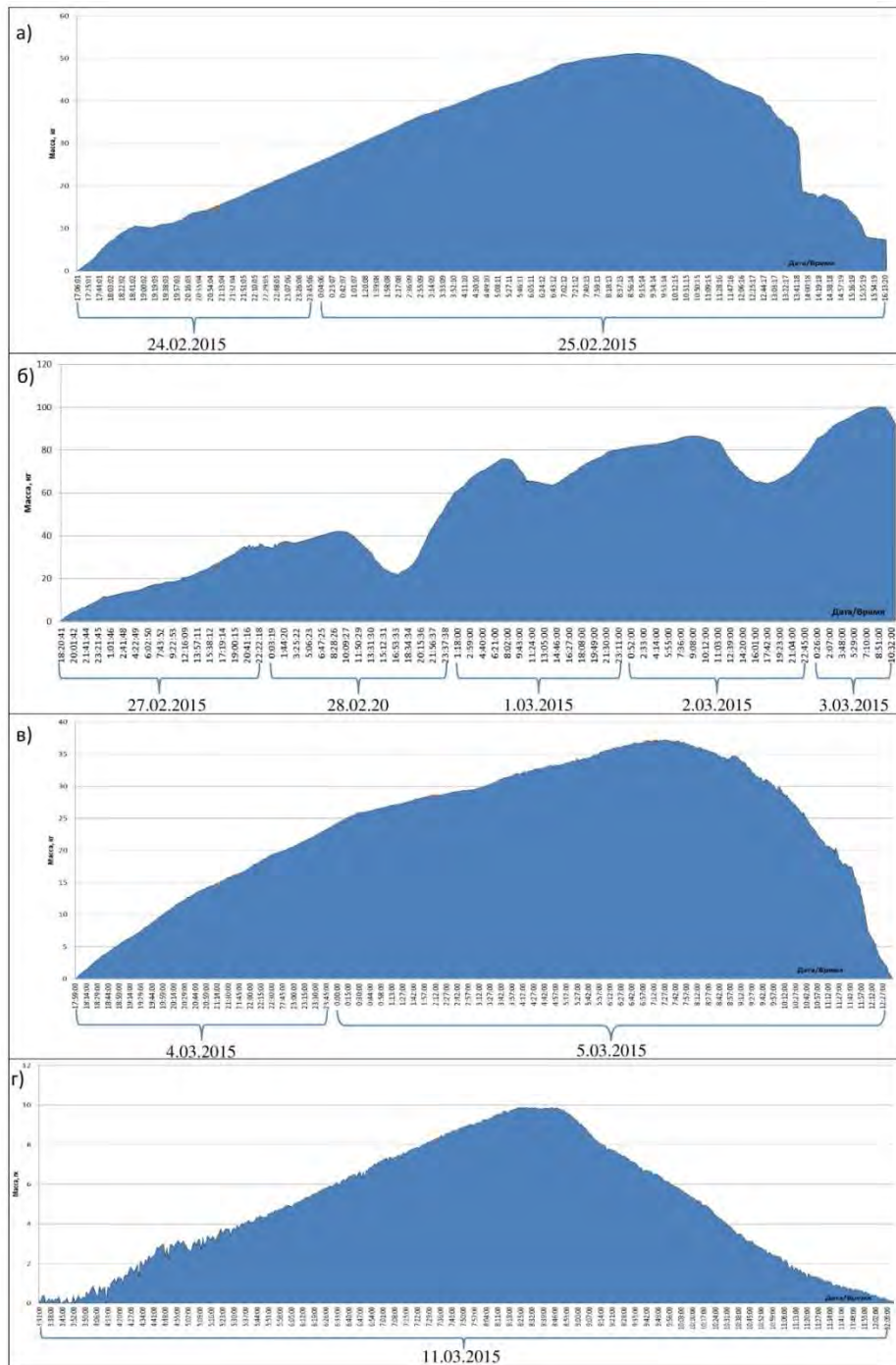


Рисунок 1. Графики прироста снега за зарегистрированные системой снегопады.

По данным, получаемым от системы, строились графики изменения нагрузки за снегопад. На рис. 1 показаны данные за 6 снегопадов, прирост нагрузки по данным снегопадам изменяется от 10 до 100 кгс/м². Максимальный прирост снеговой нагрузки показан на рис. 1, б (три явления). Первое явление за период с 27.02 по 28.02 с приростом нагрузки до 42 кг, второе – с 01.03 по 02.03 с приростом до 53 кг, третье – 03.03 с приростом 37 кг. Снегопады следовали друг за другом с

небольшими перерывами (около 8-12 ч.), во время которых часть накопленного снега сносило с платформы. Общая максимальная нагрузка за все три явления, с учетом уменьшения нагрузки во время перерывов, составила более 100 кгс/м².

Все зафиксированные снегопады имеют интенсивность ниже средней интенсивности снегопадов, которая по многолетним данным в Южно-Сахалинске составляет 0,98 см/ч. Наибольшая интенсивность снегопада, зарегистрированная в Южно-Сахалинске, составила 9,0 см/ч.

Заключение. Разработана система дистанционного мониторинга снеговой нагрузки, позволяющая получить данные о динамике снегонакопления во время снегопада, а так же показывающая фактическую величину снеговой нагрузки от снега, накопленного на 1 м² кровли здания. Данная система расширяет список приборов, применяемых для исследования снежного покрова.

В ходе исследования впервые получены данные о приросте величины снеговой нагрузки во время снегопадов. Зафиксированные системой приросты величины снеговой нагрузки за явление, в зимнем сезоне 2014-15 гг. изменяются в пределах от 10 до 100 кгс/м².

Анализ полученных данных показывает, что максимальная снеговая нагрузка, оказываемая на кровлю, приходится на пик снегопада. Далее нагрузка снижается под воздействием внешних факторов.

Выявлены три основных фактора, влияющих на формирование снеговой нагрузки на плоской кровле: количество выпадающих твердых осадков, таяние снега, перераспределение снега ветром.

Применение разработанной системы позволяет получить фактическое значение снеговой нагрузки на кровле зданий, а не расчетное из веса снега на грунте. Полученное фактическое значение впоследствии может быть использовано для корректировки нормативов по снеговым нагрузкам.

Благодарности. Авторы выражают благодарность своим коллегам к.г.-м.н. Казакову Н.А., к.г.-м.н. Генсиоровскому Ю.В., Павлову В.С., а так же к.т.н. Малашенко А.Е. (СКБ САМИ ДВО РАН) за помощь в организации наблюдений и ценные советы на всех этапах реализации проекта.

Работа выполнена при поддержке гранта Правительства Сахалинской области от 27.04.2015 №186-р.

Литература

1. Лобкина В.А. Ущерб от снеговых нагрузок в Российской Федерации. Причины и последствия // Геориск. 2012. № 1. С. 50-53.
2. Филиппов В.В., Копылов А.Т., Корнилов Т.А., Рыков А. В., Гаврилова М. К. Снеговые нагрузки на покрытиях зданий в условиях Севера (на примере Якутии). М.: Наука, 2000. 246 с.

ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ СИЛЬНЫХ СНЕГОПАДОВ И СНЕГОВЫХ НАГРУЗОК В ГОРАХ КАЗАХСТАНА

Пиманкина Н.В.

ТОО «Институт географии» МОН РК, Алматы, Казахстан

Аннотация. Рассматриваются некоторые особенности современного климата горных районов Казахстана. Выполнен анализ и составлены карты распределения сильных снегопадов (> 20 мм в сутки) и снеговых нагрузок в горах масштаба 1:500 000. Анализ ЧС, связанных со снегом в Казахстане, показывает потенциально высокий ущерб от стихийных явлений независимо от потепления климата. Опасность характерна для территорий с разной плотностью населения и объемом валового продукта.

Ключевые слова: снегопады, нагрузки, карты.

ASSESSMENT OF HAZARDOUS SNOWFALLS AND SNOWLOADS IN THE MOUNTAINS OF KAZAKHSTAN

N.V. Pimankina

LLC “Institute of Geography” MES RK, Almaty, Kazakhstan

Abstract. The characteristics of present-day climatic conditions of the mountains of Kazakhstan are presented. Heavy snowfalls and snow loads in mountains are assessed. Schematic maps of the distribution of heavy snowfalls (> 20 mm per day) and snow loads in mountains are compiled at a scale of 1: 500 000. An analysis of risk areas shows a potentially high level of damage from snow-related natural hazards in Kazakhstan irrespective of climate warming. Natural hazards cover areas with varying population densities and gross product.

Key words: snowfalls, snowloads, maps.

Горное обрамление юго-восточного Казахстана составляют хребты Северного Тянь-Шаня, а также Джунгарский Алатау и Саур-Тарбагатай, имеющие субширотное положение. В Западном Тянь-Шане находится Угамский хребет, простирающийся с юго-запада на северо-восток. На востоке территории расположены окраинные хребты Алтайской горной системы (рис. 1). Горы юго-востока и востока являются районами распространения современного оледенения.

В ходе работ по созданию «Атласа природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан» выполнен анализ временных рядов температуры воздуха, осадков и характеристик снежного покрова (Атлас, 2010). Составлены карты (масштаб 1:10 млн) опасности сильных снегопадов и снеговых нагрузок на территории Казахстана.

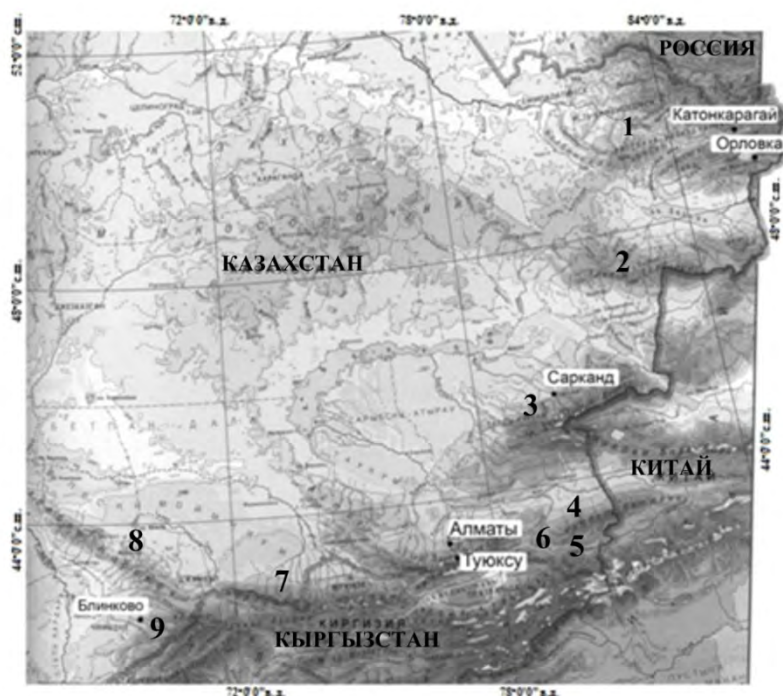


Рисунок 1. Схема расположения горных систем востока и юго-востока Казахстана. 1-Алтай; 2-Тарбагатай; 3-Джунгарский Алатау; 4-Кетмень; 5-Терской Алатау; 6-Зайлийский Алатау; 7-Кыргызский Алатау; 8-Каратау; 9-Угамский хр.

Для горных районов рассмотрены данные наблюдений на более чем 300 метеорологических станциях и временных постах, 450 снегомерных площадках Казгидромета, расположенных в горных долинах в диапазоне высот 600–3000 м (Материалы, 1954-2014). Подготовленные материалы позволили впервые произвести районирование горной территории. Составлены карты опасности сильных снегопадов и снеговых нагрузок для горных районов страны в масштабе 1: 750 тыс. и 1:500 тыс., где показано распределение средней из максимальных высот снежного покрова и прирост высоты снега за отдельный снегопад. Понятие «опасности» нами рассматривалось как ситуация, в которой происходят в данный момент или могут происходить нежелательные события, вызывающие отклонения в состоянии здоровья и жизнедеятельности человека и состоянии окружающей среды. Уточним, что опасность явления мы рассматриваем с точки зрения потенциальной угрозы жизни и здоровью людей, негативному влиянию на жилые, промышленные, транспортные объекты как в уже освоенных местностях с действующими сооружениями, так и в необжитых, труднодоступных в настоящий момент горных территориях.

Оценка изменений климатических характеристик гор Казахстана показала, что средняя температура воздуха в различные сезоны года увеличивается (рис. 2).

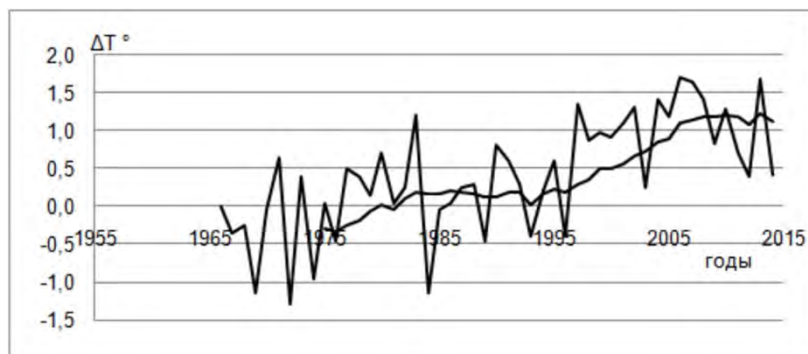


Рисунок 2. Отклонение средней годовой температуры воздуха от нормы (1961-1990 гг.), осредненное по 3 метеостанциям Заилийского Алатау (Алматы, ГМО; БАО; Мынжилки). Период наблюдений – 1937 -2014 гг. Жирная линия – 10-летняя скользящая средняя.

График представляет ход средней годовой температуры воздуха, осредненной для разных высотных зон хребта Заилийский Алатау (диапазон высот 800-3000 м), представленной в отклонениях от нормы (в данном случае это 1961-1990 гг.). Период наблюдений 1937-2014 гг. Из графика видно, что в ближайших к г. Алматы горах наблюдалась продолжительная положительная аномалия - 14 лет подряд средняя годовая температура воздуха превышала норму на 0,2-1,5 град. С. Это не могло не отразиться на степени промерзания грунтов, таянии ледников, сроках залегания снежного покрова.

Однако увеличение температуры воздуха не является показателем уменьшения снежности территории. За последние 10 лет наблюдались аномальные снегопады и повышенные снеговые нагрузки и снегоотложения. Сообщения, публикуемые в СМИ и на сайте Казавтодора, свидетельствуют о ежегодно возникающих чрезвычайных ситуациях, связанных со снегом. Так, в феврале 2005 г. в Жамбылской области из-за обильных снегопадов общий ущерб составил более 4 миллиардов тенге (Происшествия, 2005 и др.). 11 февраля 2012 г. в селах Шакпак, Жанаталап и Бестогай Байдибекского района 53 дома были занесены снегом, толщина которого достигала 5 м. 8-9 марта 2010 г. остановлено движение 9 поездов в направлении на Урумчи (КНР), количество пассажиров – 2436 чел. Зимой 2016/2017 гг. отмечены обрушения крыш павильонов в Астане и Алматы. Неоднократно в течение зимы Комитет по ЧС МВД РК закрывает участки автодорог из-за метели и снежных заносов (Минтранском, 2012, 2016, 2017 и др., Происшествия, 2010 и др.).

Распределение числа случаев сильных снегопадов неодинаково как по месяцам, так и по годам. Выпадение наибольшего количества твердых осадков в горах Казахстана отмечено в 1966 г. (табл. 1).

На основании данных наблюдений Казгидромета и Института географии МОН РК над снежным покровом были получены 23 эмпирические зависимости средних и максимальных снеготолщин от высоты местности, которые затем были использованы для расчета снеговых нагрузок в горных районах. Карты отражают усредненное распределение толщины и веса снежного покрова, без учета рельефа склона и сдува и надува снега. Анализ архивных материалов позволил дать подробное описание отдельных событий, которые приводили к большим потерям.

Таблица 1.

Очень сильные снегопады (≥ 50 мм/сут) в горах Казахстана в 1936-1996 гг.

Станция, пост	Количество осадков, мм/сут.	Дата
Сержиха (Алтай)	68,7	27/ХІІ-1966
Каракожа (хр. Убинский, Алтай)	72,2	1/ХІ-1966
Кызылжұлдыз (хр. Тарбагатай)	89,1	22/ХІ-1966
Буктырма (Алтай)	51,0	27/ІІ-1966
Лепсинск (хр. Джунгарский Алатау)	51,7	2/ІІІ-1968
Турген (хр. Заилийский Алатау)	59,6	15/ІІІ-1966
Верхний Горельник (хр. Заилийский Алатау)	59,7	15/ІІІ-1966
Аспара (хр. Кыргызский Алатау)	70,2	22/І-1969
Ащысай (хр. Каратау)	133,6	5/ХІІ-1986
Толькебас (Угамский хр.)	51,2	16/ІІ-1943
Шакпак (хр. Баралдай)	77,1	21/ІУ-1986

Большая часть средне- и высокогорной зоны хребтов, уже освоенной или перспективной для рекреационного освоения, строительства и эксплуатации жилых зданий и сооружений, попадает в градации значительной и сильной степени опасности обильных снегопадов и снеговых нагрузок. В горной зоне число дней со снегопадами достигает максимума: в хр. Каратау (Ащысай – 52 случая за рассмотренный период), Угамском хр. (Шуулдак – 105), Заилийском Алатау (Верхний Горельник – 54), Тарбагатае (Алексеевка–39), Джунгарском Алатау (Аралтобе – 46), на Алтае (Карагужиха – 69).

Максимальный прирост снежного покрова за сутки составляет 54 см (Ащысай), 37 см (Шымкент). Своеобразным «полюсом снежности» Казахстана являются хребты Убинский, Ульбинский, Холзун, Тигирецкий, Листвяга на Алтае. В пос. Малая Ульба в 1981 г. отмечен 21 день с сильными снегопадами [9]. Прирост снега за сутки составляет 39 см (Зыряновск), 35 см (Риддер (Лениногорск)).

Снеговые нагрузки в течение зимы вслед за увеличением высоты и плотности снега увеличиваются многократно, достигая максимума, как правило, весной. В горных районах Казахстана наблюдается наибольшая изменчивость величин снеговых нагрузок. В долине р. Громотуха (приток р. Ульбы) в экстремальные по снежности годы на высоте 1400 м вес снежного покрова достигает 18 кПа за счет метелевых и снегопадных отложений. На рис. 3 в качестве примера представлена карта опасности снеговых нагрузок в хребтах казахстанского Алтая.

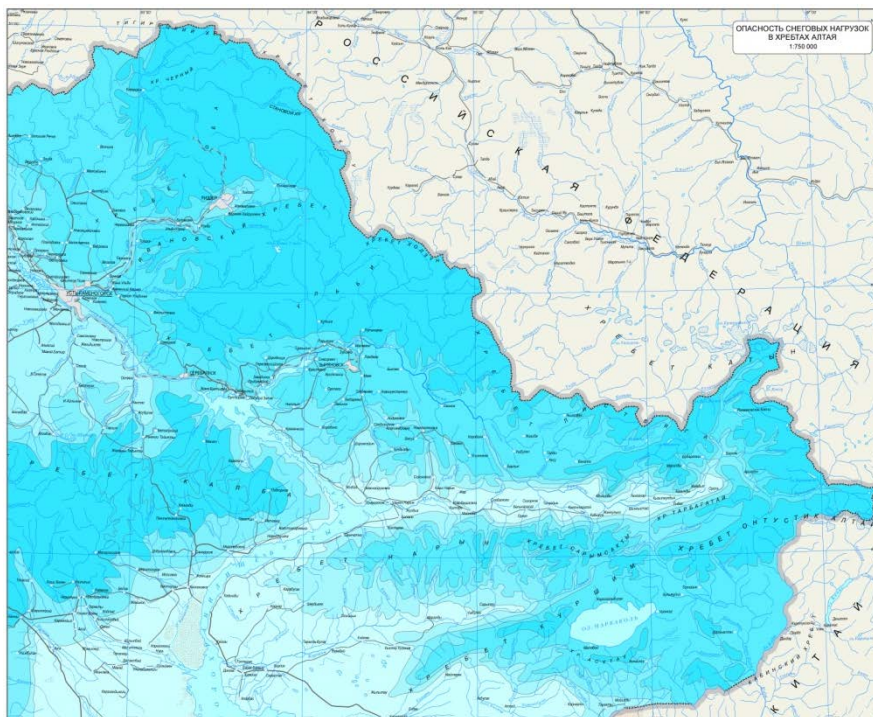


Рисунок 3. Карта опасности снеговых нагрузок в хребтах Алтая.

Учет максимальных снеговых нагрузок при проектировании зданий и сооружений в горах до сих пор не получает должного внимания.

Литература

1. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан. Алматы: Казгеодезия, 2010. 264 с.
2. Материалы наблюдений над снежным покровом и осадками в горах (материалы маршрутных снегомерных съемок и наблюдения по суммарным осадкомерам). Алматы: УГМС, 1954-2014. 200 с.
3. Минтранском распространил информацию по ограничениям на автодорогах [электрон. ресурс]. – url: <http://www.kazavtodor.kz> (даты обращения 20.02.2012; 06.12.2016; 30.03.2017 и др.)
4. Происшествия за 2005 г. [Электрон. Ресурс]. – url: <http://www.inform.kz> (дата обращения 31 марта 2010 г.)

АНАЛИЗ ПРОТИВОЛАВИННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЛАВИННОГО РИСКА НА КРАСНОЙ ПОЛЯНЕ

**Родионова П.М., Комаров А.Ю., Турчанинова А.С.,
Селиверстов Ю.Г.**

Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. В работе выполнен анализ противолавинных мероприятий, применяемых на горнолыжных курортах «Роза-Хутор» и «Газпром». Несмотря на то, что Красная Поляна является сравнительно молодым курортом, здесь уделяется значительное внимание вопросам лавинной безопасности, о чем свидетельствует применение там широкого спектра противолавинных мероприятий. Тем не менее, система противолавинной защиты в районе Красной Поляны несовершенна, выявлен ряд недостатков в проводимых там противолавинных мероприятиях. Результаты, полученные в настоящей работе, будут использованы для оценки лавинного риска на горнолыжных курортах Красной Поляны, с учетом проводимых там противолавинных мероприятий.

Ключевые слова: снежные лавины, противолавинные мероприятия, лавинный риск.

ANALYSIS OF AVALANCHE MITIGATION MEASURES FOR AVALANCHE RISK ASSESSMENT IN KRASNAYA POLIANA

**P.M. Rodionova, A.Yu. Komarov, A.S. Turchaninova,
Yu.G. Seliverstov**

Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University,
Moscow, Russia

Abstract. An analysis of avalanche protection measures in «Rosa Khutor» and «Gazprom» ski resorts is performed. Despite the fact that Krasnaya Poliana is still a relatively young ski resort, considerable attention is paid to avalanche safety in the region as demonstrated the wide range of anti-avalanche measures put into practice. Nevertheless, the avalanche protection system in Krasnaya Polyana is far from perfect. Numerous shortcomings in avalanche protection measures have been identified in the region. The results obtained will be used for avalanche risk assessment in Krasnaya Poliana ski resorts taking into account the recent application of avalanche protection measures.

Key words: snow avalanches, protection measures, avalanche risk.

Введение.

После проведения Зимних Олимпийских Игр 2014 года район Красной Поляны, стал крупным современным центром зимних видов спорта. Для обеспечения лавинной безопасности на горнолыжных курортах Красной Поляны применяются различные типы противолавинных мероприятий, на некоторых курортах созданы лавинные службы. В связи с этим, при оценке лавинного риска в районе

исследования необходимо учитывать текущее состояние и эффективность применяемых там противолавинных мероприятий.

Целью работы является изучение опыта обеспечения лавинной безопасности, анализ состояния и оценка эффективности ряда применяемых противолавинных мероприятий на горнолыжных курортах «Роза-Хутор» и «Газпром», которые пользуются большой популярностью среди любителей горнолыжного спорта и сноубординга. Эффективность – важнейший показатель целесообразности и результативности применения защитных сооружений в заданных природных условиях, характеризующийся совокупностью таких свойств, как надежность, результативность, экономичность. В методическом отношении оценка эффективности защитных мероприятий тесно связана с оценкой параметров лавин и ущерба, предотвращаемого их осуществлением (Жигульский, 1989). Экономическая эффективность остается за рамками исследования на данном этапе. Однако, полученные данные могут быть использованы для оценки данного показателя в дальнейшем.

Методика исследования включает полевые исследования и комплекс камеральных методов. Для анализа противолавинных мероприятий использованы: цифровая модель рельефа района исследования; методы геоинформационного картографирования; математического моделирования (оценка динамических характеристик снежных лавин); а также положения действующих нормативных документов РФ в области инженерных гидрометеорологических изысканий.

На горнолыжном курорте «Роза Хутор» сосредоточено самое большое количество объектов туристической инфраструктуры. Проложено 45 трасс для зимних видов спорта общей протяженностью 94 км, 26 канатных дорог общей протяженностью около 26 км, построено множество отелей и апартаментов, ресторанов. За горнолыжный сезон 2016 года число отдыхающих на курорте составило 745 тысяч человек (www.rosaski.com). Горнолыжный курорт «Газпром» меньше по площади. Тем не менее, на нем также расположены многочисленные объекты туристической инфраструктуры, вызывающие скопление людей в лавиноопасных зонах.

Анализ противолавинных мероприятий.

В период с 25.01.2017 по 5.02.2017 в составе экспедиции географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова были выполнены рекогносцировочные обследования инженерных противолавинных сооружений, установленных на горнолыжных курортах «Газпром» и «Роза-Хутор», на предмет их соответствия

установленным в нашей стране нормам проектирования и эксплуатации в рассматриваемых физико-географических условиях.

На основе собранных в результате полевых наблюдений материалов составлены карты применяемых противолавинных мероприятий на курортах «Роза-Хутор» (рис.1) и «Газпром» (рис.2), иллюстрирующие места расположения: противолавинных инженерных сооружений; специальных средств активного воздействия на снежный покров; горнолыжных трасс; канатных дорог; зон зарождения лавин на курорте «Газпром».

Анализ карты противолавинных мероприятий на горнолыжном курорте «Роза Хутор» показал, что для защиты рекреантов и объектов инфраструктуры на курорте возведены все виды противолавинных сооружений; применяют различные средства активного воздействия на снежный покров. В результате анализа карты противолавинных мероприятий на горнолыжном курорте «Газпром» установлено, что для защиты рекреантов и объектов инфраструктуры возведены лавинопредотвращающие сооружения. При этом они установлены далеко не во всех лавиноопасных зонах.

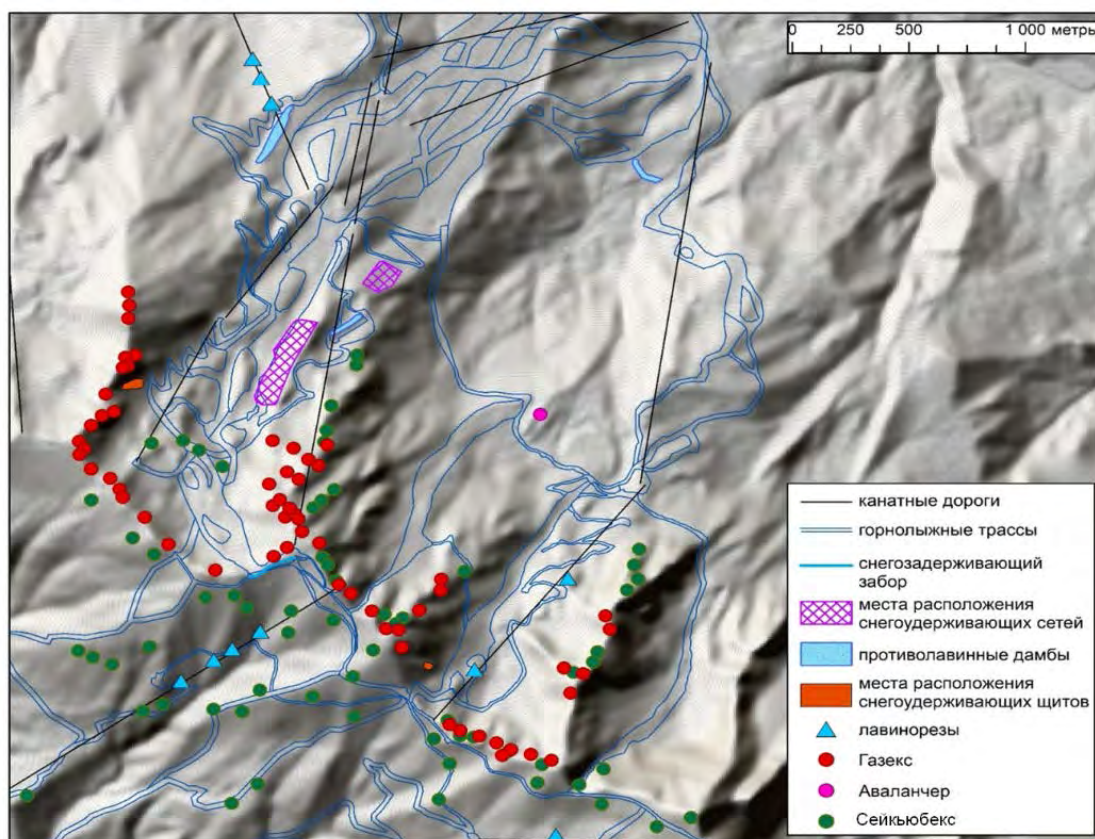


Рисунок 1. Карта применяемых противолавинных мероприятий на горнолыжном курорте «Роза Хутор».

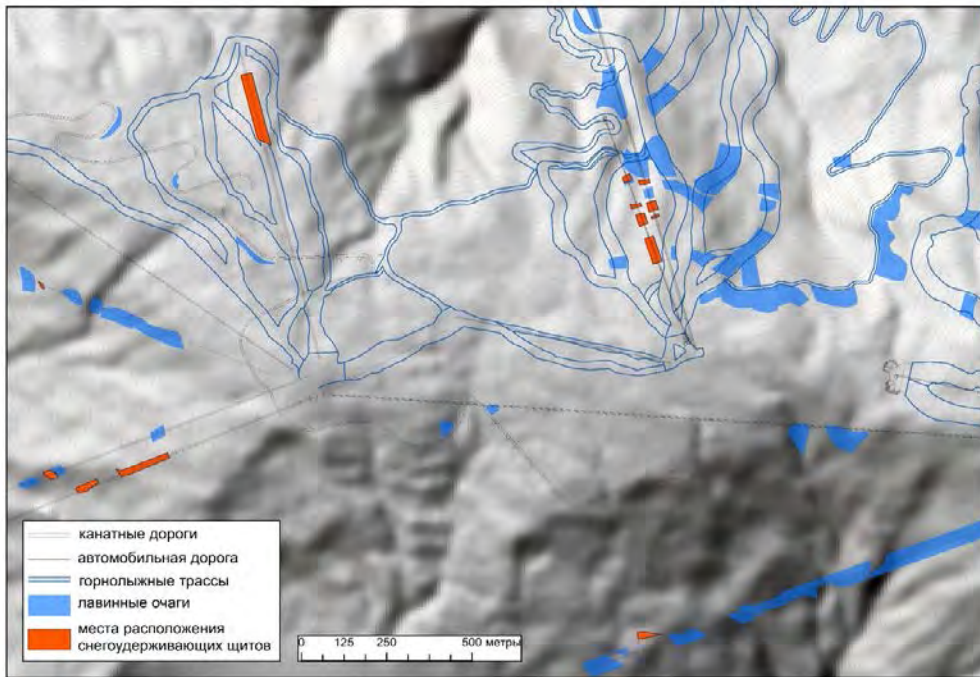


Рисунок 2. Карта применяемых противолавинных мероприятий на горнолыжном курорте «Газпром».

Во время полевых исследований были выявлены недочёты в проектировании ряда противолавинных сооружений, связанные с недостаточной изученностью физико-географических условий рассматриваемого района, особенностей лавинообразования и недоучетом динамических характеристик возможных лавин. К недочётам в проектировании ряда сооружений можно отнести: 1) высоту снегоудерживающих сооружений, не соответствующую возможной высоте снежного покрова в районе исследования, 2) неверное расположение сооружений на склонах; 3) неверное взаимное расположение сооружений на склоне.

К примеру, несколько лавинорезов, установленных для защиты опор канатной дороги «Крокус» на курорте «Роза Хутор», во время полевого обследования были полностью засыпаны снегом. В случае образования лавины, они бы не смогли отвести её от опор канатных дорог. Снегоудерживающие щиты, установленные в зоне зарождения лавины вблизи канатной дороги «Тундра», тоже почти полностью были занесены снегом, что не позволило бы им предотвратить образование лавины при неустойчивом состоянии снежного покрова.

На курорте «Газпром» для защиты канатной дороги «В» установлены снегоудерживающие щиты. Щиты установлены на пологом участке склона (крутизна менее 15°), где нет необходимости в удержании снежного покрова (СП 116.13330.2012).

Во время полевых наблюдений, которые практически полностью охватили доступные для горнолыжного катания зоны двух курортов, наблюдались только 2 плаката, предупреждающих о лавинной опасности, в местах выхода лыжников за пределы оборудованных трасс в зоны внетрассового катания. В то же время на территории курортов наблюдалось большое количество раскатанных лыжниками лавиноопасных склонов и многочисленные участки выхода на такие склоны, никак не обозначенных в отношении лавинной опасности. На схемах горнолыжных трасс лавиноопасные участки также не обозначены.

Помимо визуального обследования инженерных противолавинных сооружений было выполнено моделирование лавины в программе RAMMS 1.6.20 (Christen et., al. 2010; Турчанинова и др., 2013), которая сходит в направлении отбойной дамбы, предназначенной для защиты ёмкости для оснежения трасс курорта «Роза Хутор». В настоящее время под дамбой работает кафе. Моделирование лавины выполнено для того, чтобы установить, может ли лавина перейти через дамбу. Толщина отрыва снежного покрова в зоне зарождения, с учетом коэффициентов сноса снега по толщине, была задана, как 2,1 м. Объем возможной лавины составил 508576 м³. Период повторяемости лавины задан, как 1 раз в 100 лет. Установлено, что высота дамбы недостаточна для полной остановки лавины с заданными в работе начальными условиями образования.

Заключение.

Несмотря на то, что Красная Поляна является сравнительно молодым горнолыжным курортом, вопросам лавинной безопасности там уделяется значительное внимание, о чем свидетельствует применение там всех видов противолавинных мероприятий. Тем не менее, установлено, что система противолавинной защиты в районе Красной Поляны несовершенна, выявлен ряд недостатков в проводимых там противолавинных мероприятиях. Для обеспечения безопасности рекреантов необходимо проведение дополнительных снеголавинных изысканий с целью обеспечения комплекса организационно-хозяйственных, профилактических и инженерных противолавинных мероприятий. Чрезвычайно важно введение новых мероприятий по предупреждению людей о лавинной опасности и усовершенствование старых. Очень актуально размещение предупреждающих о возможном сходе лавин плакатов рядом с каждым лавиноопасным склоном, а также размещение информации о положении зон лавинной опасности в открытом доступе. Целесообразно создание интерактивной карты для туристов, иллюстрирующей лавиносборы и лавиноопасные участки трасс и зон внетрассового катания в режиме реального времени и

размещение её на сайтах курортов. Актуально размещение на сайтах курортов подробной информации о признаках и факторах лавинной опасности, а также о необходимых действиях в случае попадания в лавину.

Результаты, полученные в настоящей работе, будут использованы для оценки лавинного риска на горнолыжных курортах Красной Поляны, с учетом проводимых там противолавинных мероприятий.

Работа выполнена в рамках НИР «Картографирование, моделирование и оценка риска опасных природных процессов (ГЗ)» №1.7, АААА-А16-116032810093-2 и гранта РФФИ №16-17-00104 «Лавинный и селевой риск на территории России: оценка, прогноз и меры по его снижению».

Литература

1. Жигульский А.А. Опыт оценки эффективности инженерных противолавинных сооружений в Хибинах.//Труды третьего всесоюзного совещания по лавинам. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – С. 19-28
2. РД.52.37.752-2011. Организация и проведение противолавинных работ на территории горнолыжного курорта «Роза Хутор»
3. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003. Москва, 2012. 59 с.
4. Турчанинова А.С., Селиверстов Ю.Г., Глазовская Т.Г. Моделирование снежных лавин в программе RAMMS в России. Геориск №4. М., 2015. С.50-55.
5. Christen, M., Bartelt P., Kowalski J. (2010). RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. ELSEVIER. Cold Regions Science and Technology 63, 1-10.
6. www.rosaski.com – Официальный сайт горнолыжного курорта «Роза Хутор».

ТИПЫ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СНЕГОПАДОВ

Федотова Д.А.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. Существует очень мало однородных записей данных касаясь снегопадов, что связано со сложностями в изучении характеристик снегопадов, чтобы судить об этих изменениях. Экстремальные снегопады, как явление, имеет высокий потенциал развития. Экстремальные снегопады порождают снежные заносы, изолирующие дома и перекрывающие дороги. Справедливо выделять экстремальные снегопады по географическому распространению, продолжительности и интенсивности, времени проявления.

Исследование снегопадов позволило систематизировать имеющиеся данные из разрозненных источников об экстремальных случаях снегопада преимущественно по географическому положению.

Ключевые слова: экстремальные снегопады, аномалии.

TYPES OF EXTREME SNOWFALL MANIFESTATION

D.A. Fedotova

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. There are few homogeneous snowfall data records to draw a conclusion about their changes. This happens because of difficulties in studying snowfall data characteristics. Extreme snowfalls, as a phenomenon, have a high development potential. Extreme snowfalls create snowdrifts, isolated houses and blocked roads. Rightly to split extreme snowfalls in terms of geographical distribution, duration and intensity and manifestation time. The analysis of snowfalls have already given an opportunity to organize data from different sources of extreme snowfall in terms of geographical location.

Key words: extreme snowfall, extreme precipitation.

Согласно Гляциологическому словарю (1984) снегопад – выпадение снега из облаков. Их принято различать по нескольким параметрам: по синоптической ситуации; по состоянию неба; по величине; объемной плотности; скорости падения; форме и влажности выпадающих частиц. Анализируя эти параметры в совокупности с данными о снегопадах, стало ясно, что снегопад может стать экстремальным независимо от этих параметров.

Экстремальные снегопады, как явление, имеет высокий потенциал развития. Экстремальные снегопады порождают снежные заносы, изолирующие дома и перекрывающие дороги. Справедливо выделять экстремальные снегопады по географическому распространению, продолжительности и интенсивности, времени проявления.

Говоря об экстремальных снегопадах **по географическому распространению**, согласно С.П. Хромову и М.А. Петросянцу (2006) в

отдельные дни снег может выпадать и в очень низких широтах до 20-25° с.ш. на суше, но он тут же тает. Это действительно так, однако известны случаи, когда снег, выпадая на низких широтах наносит ущерб и значительно осложняет привычную жизнь (табл. 1), так как он появляется неожиданно для людей, которые не имеют представлений, как бороться с таким явлением.

При совпадении нескольких метеорологических параметров такие снегопады становятся губительными для населения, в связи с тем, что жилища в тропических регионах не рассчитаны на холода, а конструкции выполнены из материалов, не способных выдержать снеговые нагрузки. Поселения могут стать изолированными после экстремальных снегопадов (Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers, 2011, p. 1211). Снег в городе распределяется в зависимости от условий ветра, что учитывается при строительстве.

Становятся достаточно частыми случаи сильных заносов в связи с сильными снегопадами в различных районах, лишь отдельные случаи описаны в литературе, что означает отсутствие регистрации таких случаев в малонаселённых регионах. Существует озабоченность, что фиксируют только те происшествия, которые оказывают влияние на хозяйственную деятельность людей, а не общая картина. Соответственно, с хозяйственным освоением территорий человечество сталкивается со стихийными бедствиями и должно с ними бороться.

Другой тип проявления экстремальных снегопадов – **продолжительность и интенсивность**. Известный случай - снежная буря в Чикаго в 1967 году, когда в течение двух суток, снегопад длился 35 часов, насыпал 58 см слоем снега, парализовал практически весь город с населением около 7 млн. человек. Погибло 45 человек, а материальный ущерб оценивался сотнями миллионов долларов. Десятки тысяч людей оказались заблокированными в офисах, школах, и даже в общественном транспорте, на дорогах осталось около 50 тысяч брошенных автомобилей.

Сопровождаясь сильной метелью, экстремальные снегопады наносят огромный ущерб хозяйственной деятельности людей. Особо выдающиеся снегопады в нашей стране описал Г.В. Бялобжеский (1969). Интенсивные снегопады могут нанести сильный ущерб, не позволяя справиться с количеством выпадающего снега.

Третий тип экстремальных снегопадов выявляется **по времени проявления**. При резком изменении климатической ситуации снегопады могут губительно сказаться на жизни животных. Зимой 2013–2014 гг. из-за аномальных снегопадов и недостаточного количества корма на острове Колгуев произошёл массовый падеж оленей. поголовье сократилось с 12 000 до 200-400 (nvinder.ru).

Исследование экстремальных снегопадов позволило систематизировать имеющиеся данные из разрозненных источников (см. табл. 1) об аномальных случаях снегопада преимущественно по географическому положению. Данная таблица отражает лишь часть случаев.

Таблица 1.

Сведения о некоторых случаях экстремальных снегопадов.

дата	район	последствия
1	2	3
22.07.1918	Буэнос-Айрес, Аргентина	
18.02.1979	г. Айн-Сефра, Алжир, между горами Атлас и северным краем пустыни Сахара	В течение 30 минут парализовал в Алжире движение автотранспорта
11.09.1981	Йоханнесбург, ЮАР	
16.06.2006	Горы ЮАР	Ледяные осадки вызвали проблемы на дорогах и многочисленные аварии
3.08.2006	Йоханнесбург, ЮАР Блумфонтейн, ЮАР (13 см)	
28.11.2006	Г. Шакра, Табук, Табарджал, Саудовская Аравия	
10.07.2007	Буэнос-Айрес, Аргентина	Перекрыли дороги
01.2008	Китай, приморские провинции	Скончалось 129 человек. Разрушено 485 тысяч жилых домов (1,66 миллиона человек потеряли жилище)
01.2012	Марокко, Алжир	
04.2013	Испания	
13.06.2013	Кейптаун, ЮАР	В пригородах Кейптауна разрушено более 500 жилищ, на улице оказалось не менее двух тысяч человек
26.07.2013	Сан-Паулу, Бразилия	Погиб 1 человек, 11 тыс. эвакуированы
26.07.2013	Рио-Гранди-ду-Сул, Бразилия	Погибло 2 человека
26.07.2013	Парагвай, Уругвай	Погибло 3 человека
12.2013	Каир, Египет	
12.2013	Вьетнам	
09.2014	Сидней, Австралия	
12.2014	Север Индии	В кранах замерзла вода
1.01.2015	Калифорния, США	Погиб 1 человек
3.01.2015	Нью-Дели, Индия	Затруднения на дорогах, толщина до 15 см

Продолжение таблицы 1.

1	2	3
30.12.2015	Чиуауа, Мексика	Приостановлено движение транспорта. В результате неправильного использования отопительных приборов около 29 человек погибло, и еще 200 оказались в больницах с ожогами и отравлениями.
24.01.2016	Осима, Япония	Погибло 9 человек, более 200 попали в больницу. По всей стране парализовано транспортное сообщение. Отменены 500 внутренних авиарейсов. Сотни людей остались без света. Оборвались линии электропередачи. Обесточены полторы тысячи домов.
28.01.2016	Север, Северо-восток Таиланда	По данным РИА новости было найдено несколько погибших.
24.11.2016	Токио, Япония	Выпадение снега впервые за 54 года
4.12.2016	Гавайи, особенно вокруг вулканов Мауна-Кеи и Мауна-Лоа.	Толщина снежного покрова достигает 90 см
19.12.2016 21.12.2016	г. Айн-Сефра, Алжир, между горами Атлас и северным краем пустыни Сахара	
3.02.2017	Рас-эль-Хайма, Саудовская Аравия	В Дубае, Абу-Даби и других городах ОАЭ из-за непогоды закрыты парки, прогулочные зоны и развлекательные места на открытом воздухе
11.03.2017	Кашмир, Индия	

В ходе исследования выявлено, что экстремальные снегопады происходили постоянно и наносили не меньший ущерб, чем другие стихийные бедствия. Снегопады иногда заканчиваются катастрофой, и даже в настоящее время такие случаи не единичны, что еще раз подтверждает недостаточную изученность снежного покрова.

Собранные нами данные нанесены на карту распространения снежно-ледовых явлений на Земле из Атласа снежно-ледовых ресурсов мира (рис. 1). Случаи экстремальных снегопадов разделены согласно критериям – экстремумам по географическому положению, по интенсивности и продолжительности и по времени проявления. На рис. 1 наглядно видно, насколько южнее могут наблюдаться снегопады и неустойчивый снежный покров.



Рисунок 1. Экстремальные снегопады на фрагменте карты распространения природных льдов на Земле: (АСЛРМ, 1997; с дополнениями Д.А. Федотовой).

Сезонный снежный покров показан двумя оттенками розового цвета: темнее – устойчивый, светлее – неустойчивый, а так же показана граница сезонного снежного покрова: сплошной линией – устойчивого, прерывистой линией – неустойчивого. На карту кружками нанесены наиболее показательные случаи географически экстремальных снегопадов из табл. 1. Прямоугольниками отмечены наиболее значительные и известные случаи продолжительных интенсивных снегопадов, эту группу снегопадов сложно разделить, они чаще всего встречаются в симбиозе. Звездочками показаны основные районы распространения экстремальных снегопадов, выпадающих сильно раньше/позже сроков. При составлении карты мы столкнулись с практически полным отсутствием сведений об экстремальных снегопадах в научных источниках. Данные присутствуют очень отрывочно и не отражают масштаб событий. Это связано с тем, что измерение снежного покрова и фиксация снегопадов на метеостанциях значительно отличается от их реального проявления в городской застройке или конкретных местах, которые удалены от пунктов наблюдения гидрометсети. В связи с этим использованы данные в основном из новостных интернет-источников.

В связи с недостаточной изученностью снежного покрова и несогласованности методологии изучения снежного покрова появилась необходимость разработать методы уменьшения урона от экстремальных снегопадов. Случаи экстремальных снегопадов, как и любое другое стихийное бедствие, трудно предугадать и рассчитать экономическую выгоду того или иного способа оценки и изучения физики процессов, вызывающих сильную аномалию. Неустойчивость атмосферы в последние годы все чаще дает о себе знать последствий и

предотвращения катастроф. Снеговые нагрузки обрушают здания, не рассчитанные на них. Животные гибнут от голода. В городах, спроектированных с учетом западного переноса, система защиты от снежных заносов в виде зданий, наоборот, становится их аккумулятором. Необходимо адаптировать хозяйственную деятельность людей в новых условиях возникновения экстремальных снегопадов. Строить с более совершенными технологиями для защиты от снега, рассчитывать необходимые запасы корма для скота в переходные периоды.

Литература

1. Бялобжеский Г. В. Дорога и грозные явления природы. М.: Изд-во Транспорт, 1969. 94 с.
2. Гляциологический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 527 с.
3. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология – М.: Из-во Моск. ун-та: Наука, 2006. - 582 с.
4. Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers / Eds. Singh V.P., Singh P., Haritashya U.K. – Springer, 2011. 1253 p.

ENVIRONMENTAL IMPACTS OF ARTIFICIAL SNOW AND SNOW GROOMING ON SKI RUNS IN THE ALPS AND BLACK FOREST

C. de Jong¹, D. Pinto²

¹ LIVE (Institute of Imagery, City and Environment),
Faculty of Geography and Spatial Planning, University of Strasbourg, France

² Faculty of Geography and Spatial Planning,
University of Strasbourg, France

Abstract. This is a comparative study of the impacts of artificial snow and snow grooming on the soil hydrology and compaction of ski runs in the French Alps and Black Forest, Germany. With increasing average daily winter temperatures and strongly decreasing snow depths, the investigated ski runs are entirely covered by intensely groomed artificial snow during the whole winter. An experimental approach in the field with penetrometer and infiltrometer measurements is applied. Highly significant differences in soil compaction and infiltration between ski runs and adjacent natural slopes are identified.

Key words: soil compaction, snow grooms, artificial snow, hydrology.

Introduction. Ski resorts in the European Alps and Medium Mountain Ranges are now mostly between 50 - 150 years old but their technological intensification is driving them towards a critical threshold in terms of environmental impacts. This paper explores the impacts of artificial snow production, ski grooming and skiers on the permeability and hydrology of ski runs in Les Menuires, French Alps and Seibelseckle, Black Forest, Germany. Ski runs in these resorts have become increasingly subject to artificial snow production and snow grooming since 20 years in Les Menuires and 12 years in Seibelseckle due to a significant decrease in natural snow height and duration. This recent development has significant new impacts on soil hydrology, permeability, ecology as well as water quality and quantity of ski runs.

Few interdisciplinary publications on the environmental impacts of winter sport resorts exist due to a generally reductionist view of the environment and extent of a ski resort (de Jong 2017). Most literature is dedicated to the impacts of ski runs on flora but very little is available on fauna, soils, geomorphology, hydrology and natural hazards. Regular, nocturnal but often also diurnal compaction of snow and soil by ski grooms across entire ski runs strongly modifies the structural and hydraulic properties of snow and soils. According to Fauve, Rhyner & Schneebeli (2002) and Rixen (2002), the differences in the physical and chemical properties of artificial snow compared to natural snow leads to both denser, heavier and deeper snow cover on ski runs. Larger amounts of snow cause more water to be released during snowmelt in spring and postponed snowmelt shortens the plant-growing season by up to 4 weeks (Rixen 2002).

Combined with the load of artificial snow, snow grooming renders soils either strongly or completely impermeable, depriving the soil of oxygen and organic matter and encouraging surface runoff, deep gully erosion and in some cases even landslides (de Jong et al 2014a and b). Whilst a medium-sized snow groom exerts a ground pressure on the snow of approximately 1700 kg/m^2 , a skier exerts approximately 400 kg/m^2 . In contrast to skiers, the ski groom systematically compacts snow and soil over the entire surface of a ski run. Roux-Fouillet et al (2011) found that soil density increased by more than 55% on snow-groomed ski runs accompanied by an increased pH and C/N ratio and decreased total nitrogen concentration. Monitoring the same ski runs 8 years later revealed a general deterioration in vegetation, with no signs of recovery. Delgado et al (2007) also found that soil porosity decreased by more than 30% on ski runs.

Other issues include burst pipelines transporting water to snow canons. These have caused disastrous landslides on ski runs, e.g. Cianross, Dolomiti, Italy in April 2006 destroying the new lift (de Jong et al 2014 b) and Rifenalbahn, Zams, Tyrol, Austria in January 2013 damaging the power line and trapping passengers in the halted lift.

Ski runs, especially those in large ski resorts are constantly “remodelled” and “modernised” to satisfy the needs of mass skiing (comfort, security and transit capacity) i.e. widened, smoothed, levelled and standardized by removing rocks, irregular ground, vegetation and forest. In some cases, slopes are artificially steepened by adding soil, in order to increase skier speed or to avoid excessive melt of expensive artificial snow by reducing insolation. These measures expose the steeper parts of ski slopes to various degrees of erosion during snowmelt in spring and during intense summer precipitation events. Sediments released normally accumulate in lower angle areas, frequently at the foot of the slope. Ski runs often have to be “reworked” by adding sediment during the summer in order to combat excessive soil loss by erosion. This is particularly severe on higher altitude slopes and in scree areas. For example, on the 26th of July 2016, heavy rain caused excessive erosion on Chamrousse ski runs during maintenance works, contaminating drinking water for 4 days in 6 communes near to Grenoble, France (de Jong 2017). The constant peeling of the shallow soil layer typical of alpine sites eventually leads to a grey, compact, cement-like, oxygen and humus-deficient substrate. Often this layer is only 20cm thick above the stony and bedrock layer.

Study Sites. Les Menuires is a large ski resort in Trois Vallées, Savoie, French Alps with about 30,000 skiers annually. Its ski slopes are situated in carbonic limestone and schist of the Briançonnaise zone. Les Menuires has a semi-humid climate with approx. 1000 mm of rainfall and 400 mm of snow water equivalent (SWE) annually. Although 50% of the ski slopes are covered by artificial snow, the ski run studied is a Slalom run covered by 100%

artificial snow. Its natural vegetation is shrub and grass but intense ski run preparation has already lead to multiple landslides. The top, middle and bottom sections of the ski run were sampled at 2160, 2050 and 1860 m with an average slope gradient of 22 – 55%.

Seibelseckle is a very small ski resort with only one ski run in the Black Forest near the Hornigrinde with approximately 5000 skiers annually. Its ski slope lies in stony sandstone of the Upper Buntsandstein. Seibelseckle has an annual precipitation of approx. 1930 mm, of which approx. 300 mm falls as snow. Its ski run is covered by 100% artificial snow. The natural vegetation is spruce forest. The entire length of the ski run was sampled from 1050 - 960 m in altitude. Average slope gradient is 3,5–27%.

Methodology. Soil infiltration measurements were carried out with an infiltrometer with a single ring infiltrometer. The cylinder has a diameter of 28 cm and a height of 16,5 cm. For each measurement 4-5 litres of water were used. The disadvantage of this method is that it cannot be applied on steep slopes, and therefore very few suitable sites are available on ski runs. Soil permeability measurements were carried out with a penetrometer that measures the amount of energy required to penetrate different soil layers. This method has the advantage of being applicable virtually everywhere on the ski slope if not too rocky. In Seibelseckle both the ski run and ski lift tracks were sampled.

Results and Discussion. Both Les Menuires and Seibelseckle are losing substantial amounts of snow in the winter season due to increasing temperatures and decreasing winter precipitation. The Seibesleckle data, derived from a correlation from the Feldberg data over the past 65 years (Fig. 1), show that medium mountain ranges are most severely affected. Three of the driest years since the beginning of the measurement series fell within the last 15 years. As a result, artificial snow production and grooming started and were intensified over the whole ski run and entire ski season since 2005.

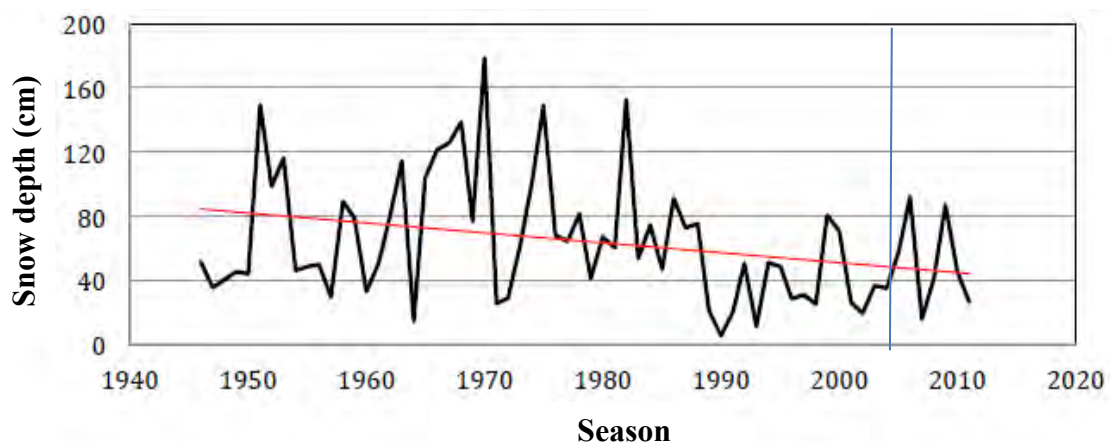


Figure 1. Average daily snow depth for the ski season (from 15th Nov. to 15th April) extrapolated from Feldberg to Seibelseckle ski area. Blue line shows begin of snowmaking.

In both sites, penetrometer results showed substantial differences in soil compaction between the ski run and surrounding natural sites, including shrubland and grassland for Les Menuires and forest for Seibelseckle (Fig.2). Whereas soil depths of 50 cm could be reached both on ski runs and natural forest sites in Seibelseckle (Pinto 2017), only 20 cm were reached for ski runs as opposed to 40 cm in shrub/grassland sites in Les Menuires (de Jong et al 2014 a). Given the difference in altitude, geology, dimensions and skier density of the two ski runs, it is surprising that the differences between ski run and natural sites were comparable in both cases. In Les Menuires, the same amount of energy as that for Seibelseckle was required to penetrate the same soil depth. However, at 20 cm depth when compared to the natural site, 6 times more energy was necessary to penetrate the ski slopes in Seibelseckle as compared to 3 times more in Les Menuires. In general, impacts of snow groom can be detected at depths of 10-20 cm.

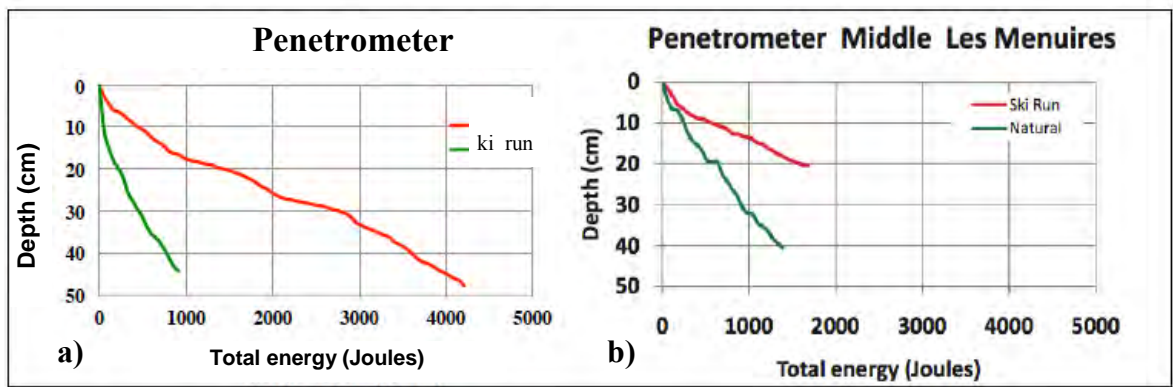
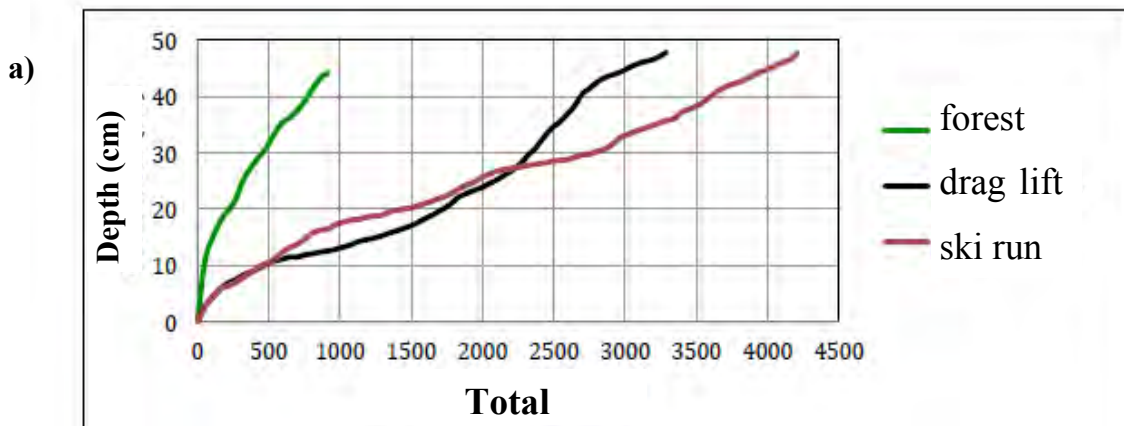


Figure 2. Soil compaction comparison measured by penetrometer on a) the ski run and natural forest site at Seibelseckle and b) the ski run and natural grass/shrubland in Les Menuires.

At Seibelseckle, penetrometer experiments were also carried out below the drag lift and compared to the ski run and forest site (Fig. 3). Soil compaction was even higher below the drag lift than the ski runs down to a depth of 30 cm. The effects of the skiers on the drag lift could be detected at depths of 5-10 cm.



b)

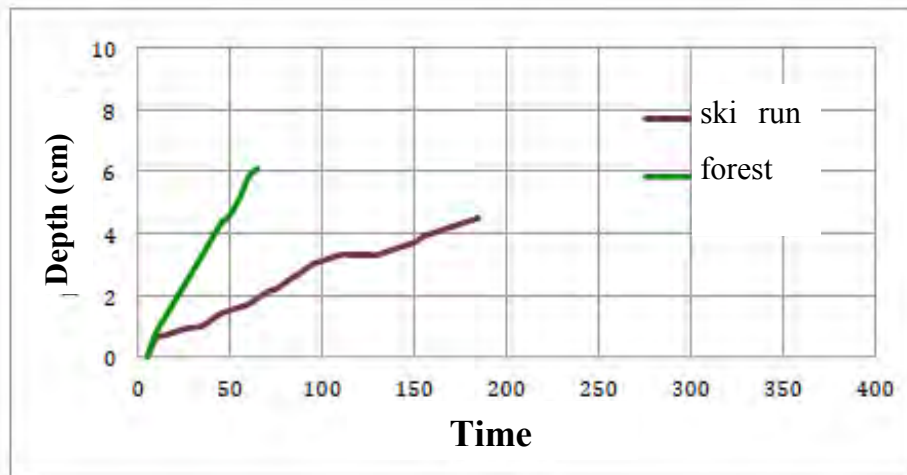


Figure 3. Comparison of a) soil compaction on the ski run, below the drag lift and on adjacent natural forest site and b) infiltration rates at Seibelseckle.

The infiltration experiments indicate similar differences between ski run and forest (Fig. 3b) at Seibelseckle. These differences corroborate results obtained from Les Menuires (de Jong et al 2014 a).

Conclusion.

Ski runs subject to more than 10 years of compaction by artificial snow and snow grooming indicate major degradation. Substantially higher soil compaction and loss in permeability than for natural sites can be shown independently of their altitude, geology and size. Soils below drag lifts have comparatively high or even higher soil compaction than ski runs. The highly impermeable surfaces associated with ski runs and lifts increase erosion and gullyng and can even contaminate drinking water. In future, new ski infrastructural developments and snow grooming as well as artificial snow production should be avoided. Stricter controls with regular monitoring of soil as well as water quantity and quality should be introduced and snow-independent touristic activities developed.

References

1. de Jong, C. (2017) Environmental Impacts of Winter Sport Resorts: Where do we go from now? Conference Proceedings, The Future of Winter Sports, Rovaniemi, Finland, pp. 21.
2. de Jong, C., Carletti, G et Previtali, F., (2014 a) Assessing Impacts of Climate Change, Ski Slope, Snow and Hydraulic Engineering on Slope Stability in Ski Resorts in the French and Italian Alps, Engineering Geology for Society and Territory, (Eds) Lollino, G., Manconi, A, Clague, J., Shan, W. et Chiarle, M., Vol. 1 IAEГ XII CONGRESS, Torino, Springer, p. 51 – 57.
3. de Jong, C., Previtali, F., Carletti, G. (2014 b) Challenges in Assessing and Managing Geo-hydrological Risk related to Natural and Anthropogenic Pressures in Alpine Ski Resorts. Engineering Geology for Society and Territory, (Eds) Lollino, G.,

Manconi, A, Clague, J., Shan, W. et Chiarle, M., Vol. 5, IAEG XII CONGRESS, Torino, Springer, p. 781 -785.

4. Delgado, R., Sánchez-Marañón, M., Martín-García, J. M., Aranda, V., Serrano-Bernardo, F., & Rosúa, J. L. (2007). Impact of ski pistes on soil properties: a case study from a mountainous area in the Mediterranean region. *Soil Use and Management*, 23(3), pp. 269–277.

5. Pinto, D. (2017) Une étude des conditions hydrologiques et du changement climatique en moyenne montagne: pistes de ski et sites naturels (A study of hydrological conditions and climate change in the medium mountains. Ski runs and natural sites)., 4th year Master Thesis in Environmental Geography, Univ. of Strasbourg, pp. 65

6. Roux-Fouillet, P. Wipf, S. and Rixen, Ch. (2011) Long-term impacts of ski piste management on alpine vegetation and soils, *Journal of Applied Ecology*, 48, 906–915.

DRIFTING SNOW DISASTER IN HOKKAIDO, JAPAN

S. Takahashi

Okhotsk Sea Ice Museum of Hokkaido,
Mombetsu, Hokkaido, Japan

Abstract. As an example of drifting snow disaster, we explain the snowstorm disaster occurred at Hokkaido in 2013. Meteorological conditions and snow-fence problems are discussed for the disaster. As a way of prevention for this kind of snowstorm disaster, we propose to introduce a snowstorm rank system in weather forecast, by which people can know the dangerous degree of snowstorm.

Key words: snow disaster, snow drift, snow fence, snowstorm rank, Hokkaido.

1. Introduction

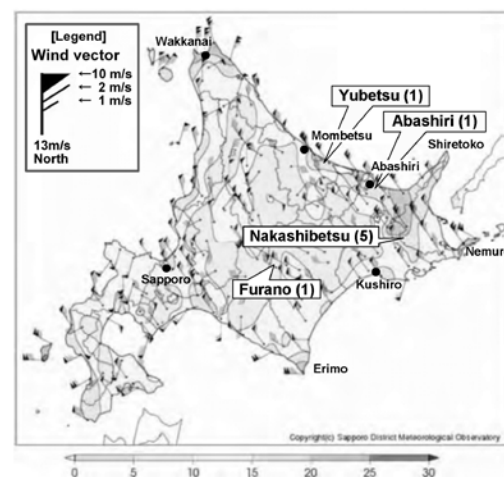
Recently, the disasters by extreme weather, as very strong hurricane or typhoon, tornado and strong snowstorm, occur frequently everywhere in the world, the reason of which is said due to global warming. In Japan, almost every year flood disaster is caused by the heavy rain due to strong typhoon in summer, and strong snowstorms cause snow disaster of traffic closing and others in winter (2005, Takahashi and others). As to snowstorm, we explain an example of snowstorm disaster at Hokkaido in 2013, and discuss about its reason and how to prevent it (2014, Takahashi and others).

2. Drifting snow disaster in 2013

When a low pressure had rapidly developed at Okhotsk Sea side of Hokkaido on 2 and 3 March in 2013, lots of roads were closed by heavy snow storm, especially in eastern area of Hokkaido. As show in Figure 1, 7 persons are in dead at 4 places. 4 persons were dead by carbon monoxide poisoning in a car buried with snow drift, and others were frozen to death who could not walk in drifting snow. Whereas lots of cars could not move in this snowstorm, some cars waited for help and other cars had evacuated to Road Service Stations or some small shops.

Figure 1. Distribution of maximum wind speed in March 1-3, 2013, in Hokkaido*.

* Strong wind areas are colored dark. Each cape areas and the area between Abashiri and Nakashibetsu were more than 15 m/s. The numbers in () at four fatal accidents areas are the number of deaths.



2. Explosively developed Low-Pressure

In the beginning of March in 2013, the low-pressure developed rapidly. As shown in Figure 4 (a1), there were two low-pressures in both sides of Hokkaido (Japan Sea and Pacific Ocean sides) at 03 h on March 2. This case is so called “Two-Eyes’ Pattern, which is known as the case that the low-pressures will develop strongly after they become together. After 6 hours, they were combined together on 09 h (a2), and in next 6 hours, they became strong rapidly and the center pressure was down to 974 hPa.

Meteorological conditions in this period is shown in Figure 4 (b1) (Abashiri) and (b2) (Kamishibetsu). At Abashiri, wind speed was lower than 5 m/s before noon, but it became more than 10 m/s at 12 h and about 25 m/s at 18 h. This variation was almost same at Kamishibetsu; wind speed became over 10 m/s at 17 h and over 20 m/s at 19 h. This low-pressure brought lots of precipitation and Hokkaido was in strong snow storm.

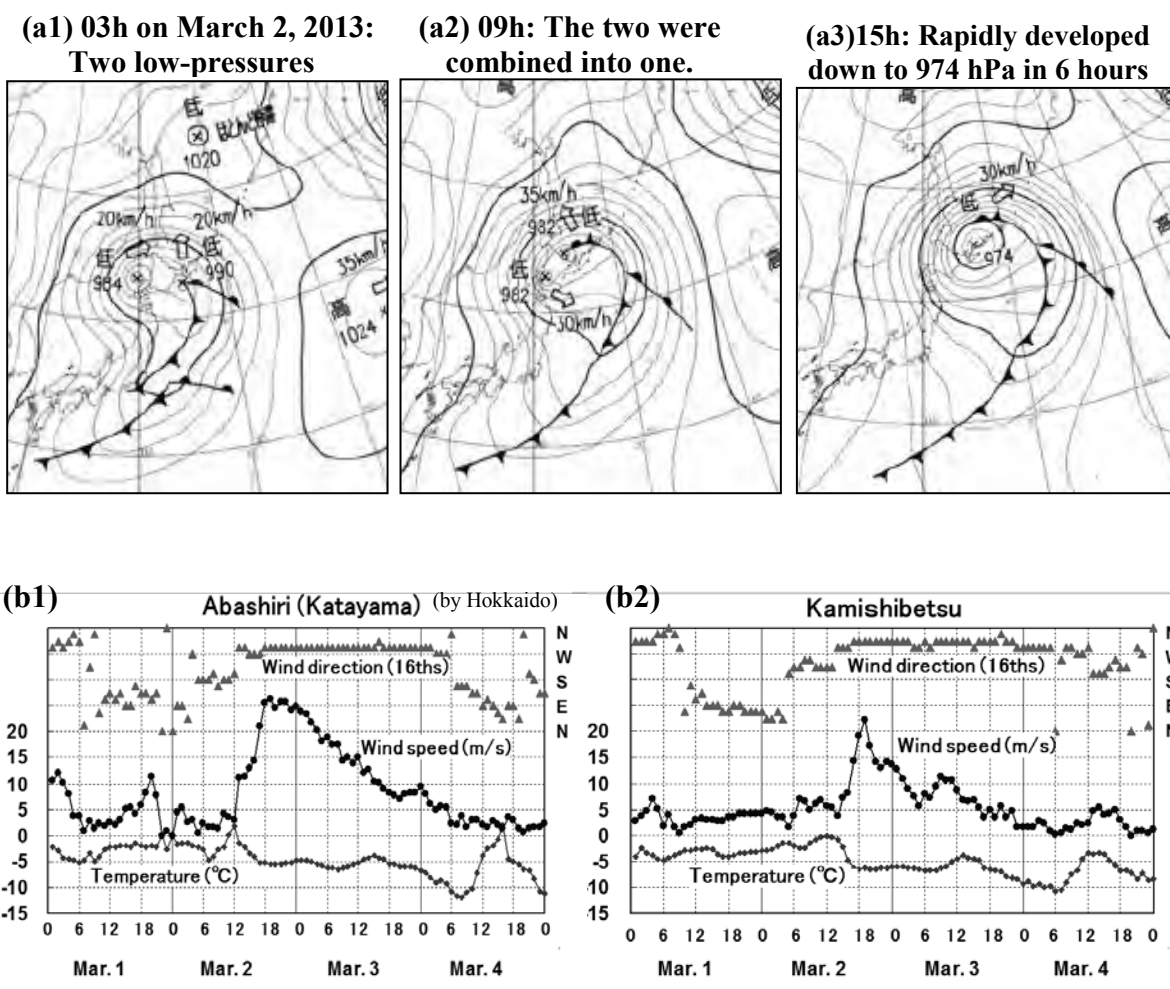


Figure 2. Low-pressure variations on March 2 ((a1), (a2) and (a3)) on March 2 and Meteorological conditions at Abashiri (b1) and Kamishibetsu (near Nakashibetsu) (b2) on March 1-4 in Hokkaido.

3. Problems of snow fences

Schemes about the accident places by snow disaster are shown in Figure 3. At Yubetsu town, a car was stacked by snow drift and dropped from a road. From the car a father and daughter went out and walked to ask help in snowstorm, but they could not move soon by strong drifting snow. When they were found near a storage house, father covered his daughter. He was frozen to dead but his daughter was survived.

According to an investigation around the accident place (Figure 4 (a), (b) and 8c)), the angle of wind direction to a snow fence was about 20° to 30° by wind trace on the snow surface (Figure 4 (c)), which was near parallel to the fence. In this condition, a snow fence does not work well. We should need to made some countermeasures for the condition of wind direction almost parallel to a road.

At Nakashibetsu, a car went up to higher flat place after passing a bridge, but they were trapped by much snow drift on a slope. The car was almost entirely buried with snow drift, and 4 people in a car were dead by carbon monoxide poisoning because the exhausted gas could not go out by snow drift and entered into a car through the car bottom. This place was at the end of a snow fence and drifting snow convergently came to a road between forest and the snow fence end.

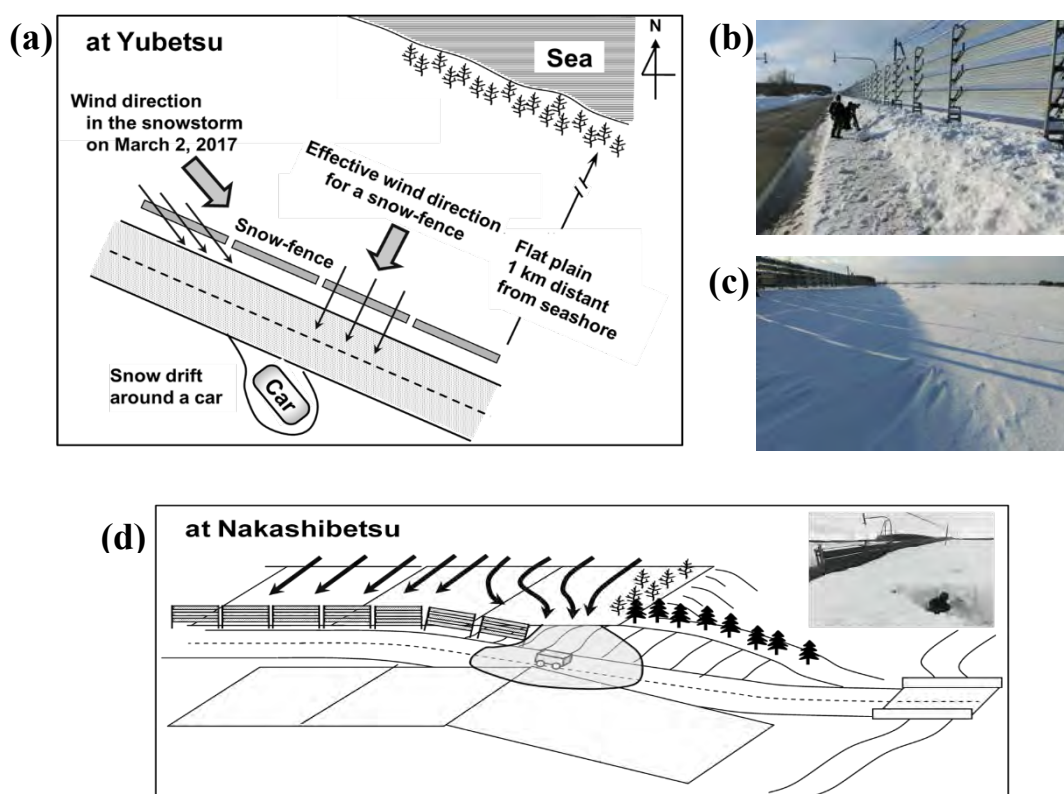


Figure 3. Conceptual scheme of snow disaster on March 2-3, 2017*.

* (a): Wind direction at the accident place in Yubetsu. (b): Snow fence at the accident place. (c): Snow surface at windward of the snow fence. Trace of wind showed that the wind direction was near parallel to a snow fence. (d): Snow drift movement at Nakashibetsu.

4. Proposal of snowstorm rank system in weather forecast

To prevent snow disasters, people should be aware of a snowstorm is dangerous by the weather forecast. If they know dangerous degree, they would not go out or evacuate earlier to safety facilities. However, if weather forecast said that very strong low pressure would come, most people could not feel so seriously.

For the earthquake, people can know the danger degree by earthquake intensity. Like the earthquake intensity, we need a system to know how a snowstorm dangerous by ranks of snowstorm. At Syowa Station in Antarctica, they have blizzard rank by wind speed intensity and its duration, which is used to for regulation of outdoor activities, as Table 1. In this standard, wind-speed requirement for rank B is 15 m/s and 25 m/s for rank A. Since they jump too much. we insert another criterion of 20 m/s between them. Hence, we would propose a new standard of snowstorm for domestic weather condition, as in Table 2.

As shown in Table 3, we judged snowstorm rank at the places near accident places for the snowstorm on March 2013. The snowstorm rank of Yubetsu was B by new standard and C by Antarctic standard, and also the rank of Abashiri (Katayama) was A and B.

Table 1.

Standard of snowstorm (Blizzard) rank at Syowa Station in Antarctica.

Rank	Wind speed [WS]	Duration [t_d]	Visibility [Vis]
A	WS>25 m/s	t_d >6 hours	Vis<100 m
B	WS>15 m/s	t_d >12 hours	Vis<1 km
C	WS>10 m/s	t_d >6 hours	Vis<1 km

Table 2.

Newly proposed standard of snowstorm rank for domestic in Japan.

Rank	Wind speed [WS]	Duration [t_D]	Visibility
S	WS>25 m/s	t_d >6 hours	Vis<100 m
A	WS>20 m/s	t_d >6 hours	Vis<200 m
B	WS>15 m/s	t_d >6 hours	Vis<300 m
C	WS>10 m/s	t_d >6 hours	Vis<1 km

Table 3.

Judgment of snowstorm rank for each place in Hokkaido by the two standards

Place	Duration (hours) for each rank requirement (Each rank needs 6 hours or more)				Rank by new standard	Rank by Antarctic Standard	Maximum wind speed
	C	B	A	S			
	WS \geq 10m/s	\geq 15m/s	\geq 20m/s	\geq 25m/s			
1) Yubetsu	16h	7h	0	0	B	C	19.8
2) Abashiri	17h	6h	0	0	B	C	17.6
3) Abasiri (Katayama)	18h	12h	12h	4h	A	B(A-)	26.2
4) Shari	26h	13h	4h	0	B	B	21.2
5) Kamishibetsu	10h	3h	1h	0	C	C	22.2
6) Nemuro-nakashibetsu	8h	1h	0	0	C	C	15
7) Nemuro	27h	13h	7h	0	A	B	23.1

5. Concluding remarks

The facilities for snow disaster has some problems about snow fence direction, snow fence arrangement and so on. However, more than the improvement of facilities, it is important that people recognize the risk of the snowstorm disaster by themselves.

In this snowstorm on March 2013, the meteorological observatory alarmed for a very strong snowstorm coming from two or three days before. Unfortunately, March 2 was Sunday and it was clear and calm in the morning, people goes to shopping, meeting and so on. After that, some of people were trapped by snowdrift due to suddenly developed snowstorm in the afternoon.

National Road Office closed most of national roads in early stage and no fatal accidents happened, but for the local roads they have not a system of road closing and people went out freely and met with snow accidents. They should know the risk of the snowstorm, and we proposed a new standard of snowstorm rank. For the snowstorm rank, we have better to make some regulation as below, which should be discussed more.

Rank A:

Evacuate:

Immediately evacuate to a safe facility. Don't move from schools or offices.

Rank B:

Very Danger:

Don't go out from house. Come back to home soon if it is short distance.

Rank C:

Danger:

Be careful to snowstorm. Come back to home earlier.

Adding to it, people should know the danger of carbon monoxide poisoning, when a car was buried with snowdrift. To prevent the poisoning,

we should make a space around an exhaust pipe, stop an engine and sometimes work it, open a window slightly sometimes for fresh air and wait with warm clothes or a sleeping bag. For the preparation, we should have a shovel, snow boots, gloves, sleeping bags in car always in winter. Also, we should carefully hear the weather alarm from the meteorological observatory.

References

1. Takahashi S. and Enomoto H.: Heavy snowfall disaster in Kitami, eastern Hokkaido, on January 2004 (*in Japanese*) // Bulletin of the Natural Disaster Science Data Center, Hokkaido. 2014, Vol. 19, P. 55-60.
2. Takahashi S.: Heavy snow disaster and climate change (*in Japanese*) // Bulletin of the Natural Disaster Science Data Center, Hokkaido. 2014, Vol. 27, P. 3-12.

СПИСОК АВТОРОВ

LIST OF AUTHORS

ФИО Name	Электронный адрес E-mail	Раздел I; Раздел II	Стр. Page
Агеев И.В. <i>I.V. Ageev</i>		II	31
Алтухов А.В. <i>A.V. Altukhov</i>		I; II	74; 89
Беляков В.В. <i>V.V. Belyakov</i>	nauka@nntu.ru	I	16, 88
Береснев П.О. <i>P.O. Beresnev</i>		I	16, 88
Бу А.Б <i>A.B. Bu</i>		I; II	74; 89
Бурдуковский М.Л. <i>M.L. Burdukovskiy</i>		I	111
Верховов К.В. <i>K.V. Verkhovov</i>	konstantin_verhovov@mail.ru	I	26
Виноградов А.Ю. <i>A.Y. Vinogradov</i>	gd@npogtp.ru	I	96
Виноградова Т.А. <i>T.A. Vinogradova</i>	vinograd1950@mail.ru	I	96
Волков А.В. <i>A.V. Volkov</i>		I	80
Гарцман Б.И. <i>B.I. Gartsman</i>		I	111
Генсиоровский Ю.В. <i>Y.V. Gensiorovskiy</i>	gensiorovskiy@mail.ru	I; II	130,135; 26,55,102
Глазырин Г.Е. <i>G.E. Glazyrin</i>		I	118
Гребенников П.В. <i>P.V. Grebennikov</i>		I	64
Грицук И.И. <i>I.I. Gritsuk</i>	grizli2881@mail.ru	I	125
Губарева Т.С. <i>T.S. Gubareva</i>		I	111
Долгополова Е.Н. <i>E.N. Dolgopolova</i>		I	125
Дроздова Ю.А. <i>Ju.A. Drozdova</i>		II	37
Ефремов Ю.В. <i>Yu.V. Efremov</i>	efremov_kubsu@mail.ru	II	16
Жданов В.В. <i>V.V. Zhdanov</i>	Zhdanovvitaliy@yandex.ru	II	50
Замятина Э.В. <i>E.V. Zamyatina</i>		I	125

Зайко Ю.С. <i>J.S. Zayko</i>	juliazaiko@yandex.ru	II	22
Зезюлин Д.В. <i>D.V. Zeziulin</i>		I	88
Истомина Е.А. <i>E.A. Istomina</i>		I	93
Ионов Д.Н. <i>D.N. Ionov</i>		I	125
Казаков Н.А. <i>N.A. Kazakov</i>	kazakovna@fegi.ru	I; II	54, 58, 118, 140; 26,55,102
Казакова Е. Н. <i>E.N. Kazakova</i>	kazakova-e-n@ya.ru	I; II	31, 58, 130; 108
Кожевникова Н.К. <i>N.K. Kozhevnikova</i>		I	111
Колотлин В.Е. <i>V.E. Kolotlin</i>		I	16
Комаров А.Ю. <i>A.Y. Komarov</i>	ankom9@gmail.com	I; II	64; 130
Кондратьев В.Г. <i>V.G. Kondratiev</i>	v_kondratiev@mail.ru	II	114
Кононов И.А. <i>I.A. Kononov</i>	kononovia@fegi.ru	I; II	54, 58, 69; 120
Кураков С.А. <i>S.A. Kurakov</i>	ksa@imces.ru	I	103
Куркин А.А. <i>A.A. Kurkin</i>		I	16, 88
Кюль Е.В. <i>E.V. Kyul</i>	elenakyul@mail.ru	II	62, 67, 73, 78
Ларченко А.В. <i>A.V. Larchenko</i>		II	31
Лапердин В.К. <i>V.K. Laperdin</i>	laperdin@crust.irk.ru	II	83
Лебедева Л.С. <i>L.S. Lebedeva</i>		I	96
Лобкина В.А. <i>V.A. Lobkina</i>	lobkinava@fegi.ru	I; II	31, 43, 130; 108, 120
Ложкомоев В.В. <i>V.V. Lozhkomoev</i>		I; II	74, 89
Лупаков С.Ю. <i>S.Yu. Lupakov</i>		I	111
Макаров В.С. <i>V.S. Makarov</i>	makvl2010@gmail.com	I	16, 88
Макарьева О.М. <i>O.M. Makarieva</i>		I	96
Максютова Е.В. <i>E.V. Maksyutova</i>	emaksyutova@yandex.ru	I	93, 108
Малашенко А.Е. <i>A.E. Malashenko</i>		I	16, 88

Масликова О.Я. <i>O. Ja. Maslikova</i>	oksana68@mail.ru	I	37, 125
Минаев Д.Д. <i>D.D. Minaev</i>		I	16, 88
Михалев М.В. <i>M.V. Mikhalev</i>	mvmikhailiov@yandex.ru	I	43
Музыченко А.А. <i>A.A. Muzychenko</i>	nestra1@yandex.ru	I	54, 58, 69, 80, 130
Нестерова Н.В. <i>N.V. Nesterova</i>		I	96
Орляковский А.В. <i>A.V. Orlyakovskiy</i>		I	111
Осокин Н.И. <i>N.I. Osokin</i>	osokin@igras.ru	I	48
Павлов В.В. <i>V.V. Pavlov</i>		I	54, 58
Паршукова О.В. <i>O.V. Parshukova</i>	cdmi_parshukovaov@dvgd.ru	I; II	74, 89
Пильгаев С.В. <i>S.V. Pilgaev</i>		II	31
Пиманкина Н.В. <i>N.V. Pimankina</i>	pimankina@mail.ru	II	125
Порубов Д.М. <i>D.M. Porubov</i>		I	16, 88
Потапов А.А. <i>A.A. Potapov</i>		II	120
Родионова П.М. <i>P.M. Rodionova</i>	polya.rodionova356@gmail.com	II	130
Рыбальченко С.В. <i>S.V. Rybalchenko</i>	rybalchenko_sv@mail.ru	I	26
Рябчиков М.В. <i>M.V. Ryabchikov</i>		I	80
Селиверстов Ю.Г. <i>Y.G. Seliverstov</i>		I; II	64; 130
Сосновский А.В. <i>A.V. Sosnovsky</i>	a_sosnovsky@mail.ru	I	48
Сократов С.А. <i>S.A. Sokratov</i>	sokratov@geogr.msu.ru	I	64, 140
Степнова Ю.А. <i>Y.A. Stepnova</i>		I	69
Тарбеева А.М. <i>A.M. Tarbeeva</i>		I	111
Турчанинова А.С. <i>A.S. Turchaninova</i>		II	130
Ухова Н.Н. <i>N.N. Uhova</i>	nat_ukhova@crust.irk.ru	I	43
Федоренко Ю.В. <i>Yu.V. Fedorenko</i>		II	31

Федотова Д.А. <i>D.A. Fedotova</i>	fedotdaria@gmail.com	II	136
Филатов В.И. <i>V.I. Filatov</i>		I	16, 88
Филатов М.В. <i>M.V. Filatov</i>		II	31
Чеботарёв С.И. <i>S.I. Chebotaryov</i>	dcm_chebotarevsi@dvgd.ru	I; II	74, 89
Челноков Г.А. <i>G.A. Chelnokov</i>		I	14
Черноус П.А. <i>P.A. Chernous</i>	pchernous48@gmail.com	II	31
Шамов В.В. <i>V.V. Shamov</i>	vlshamov@yandex.ru	I	111
Шейко В.В. <i>V.V. Sheiko</i>	viktorsheiko@mail.ru	I	135
Шекман Е.А. <i>E.A. Shekman</i>		I	14
Шныпарков А.Л. <i>A.L. Shynparkov</i>	malyn2006@yandex.ru	I	140
Эглит М.Э. <i>M.E. Eglit</i>	m.eglit@mail.ru	II	22, 37
Якубенко А.Е. <i>A.E. Yakubenko</i>		II	37
S. Bakkehøi		II	95
S. Fuchs	sven.fuchs@boku.ac.at	I	140
Y. Ito	y_ito@bosai.go.jp	II	44
E. Hestnes	erik@trollfaret.no	II	95
H. Hirashima		II	44
C. Jaedicke		II	95
V. Jomelli		I	140
C. de Jong	dejong.carmen@neuf.fr	II	142
N. Maeno		I	20
K. Mori		II	42
H. Motoyoshi		II	44
M. Nemoto		II	44
K. Nishimura	knishi@nagoya-u.jp	II	42
A. Patra		II	42
D. Pinto		II	142
S. Takahashi		II	148
K. Tsunematsu		II	42
S. Yamaguchi	yamasan@bosai.go.jp	II	44

Для заметок