



**Тезисы докладов
II Международного симпозиума
«Физика, химия и механика снега»**

Южно-Сахалинск, Россия
23-28 сентября 2013 г.



**Abstracts of the
II International Symposium
Physics, Chemistry and Mechanics of snow**

Yuzno-Sakhalinsk, Russia
23-28 September 2013



УДК: 551.321+551.322+551.578+551.579+543.2+556.124
ББК 26.222.8

II Международный симпозиум «Физика, химия и механика снега»: тезисы докладов, Южно-Сахалинск, 23-27 сентября 2013 г./Отв. редактор Н.А. Казаков - Южно-Сахалинск: Сахалинский филиал ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН. - 160 с.

В сборнике представлены тезисы докладов II Международного научного симпозиума «Физика, химия и механика снега», проходившего 23-27 сентября 2013 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.

Редакционная коллегия: Н.А. Казаков (отв. редактор), С.А. Сократов, Е.Н. Казакова, В.А. Лобкина

Рецензент: к.г.н. П.А. Черноус

II International Symposium Physics, Chemistry and Mechanics of snow: abstracts, Южно-Сахалинск, 23-27 сентября 2013 г./Editor-in-chief Kazakov N.A. - Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, Sakhalin Department of Far East Geological Institute FEB RAS. - 160 p.

In the collection abstracts of reports of the International Scientific Symposium II «Physics, chemistry and mechanics of snow», passing in Yuzhno-Sakhalinsk are presented on September, 23-27, 2011. Symposium reports are devoted consideration of fundamental aspects of research of physical, chemical and mechanical properties of a snow pack and avalanches, estimation of modern level of fundamental knowledge of snow and a snow pack and avalanches, prospects of research of their fundamental properties and also the applied questions of the civil engineering in snowy regions.

Editorial college: Kazakov N.A. (editor-in-chief), Sokratov S.A., Kazakova E.N., Lobkina V.A.

Reviewer: Dr. Chernouss P.A.

©Дальневосточный геологический
институт ДВО РАН, 2013

ISBN 978- 5-7442-1570-5

ОРГАНИЗАТОРЫ

ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН.

Правительство Сахалинской области.

Международное гляциологическое общество.

Международная ассоциация криосферных наук.

ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН.

Правительство Сахалинской области.

Автономная некоммерческая организация научно-исследовательский центр по изучению геодинамических процессов «Геодинамика» (г. Южно-Сахалинск).

ООО «ЭкоСтройСервис» (г. Краснодар).

НП «Строители Сахалина и Курил».

ORGANIZERS

Far East Geological Institute of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Science.

The Government of the Sakhalin Region.

The International Glaciological Society.

The International Association of Cryospheric Sciences.

FINANCIAL SUPPORT

Far East Geological Institute of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Science, Vladivostok, Russia.

The Government of the Sakhalin Region, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia.

Nonprofit Organization Research Center for the Study of Geodynamic Processes "Geodynamics", Yuzhno-Sakhalinsk, Russia.

Ltd. "EkoStroyServis", Krasnodar, Russia.

Non-Commercial Partnership "Builders of Sakhalin and the Kurils", Yuzhno-Sakhalinsk, Russia.

ОРГАНИЗАТОРЫ

Со-председатель: академик, д.г.-м.н. Ханчук А.И., Первый заместитель председателя президиума ДВО РАН, директор Дальневосточного геологического института ДВО РАН, Россия.

Со-председатель: д.э.н. Хорошавин А.В., Губернатор Сахалинской области – председатель Правительства Сахалинской области, Россия.

Со-председатель: доктор Магнуссон М., Генеральный секретарь Международного гляциологического общества, Великобритания.

Со-председатель: доктор Фирц Ч., Президент Международной ассоциации криосферных наук, Швейцария.

Заместители председателя:

к.г.-м.н. Казаков Н.А., директор Сахалинского филиала Дальневосточного геологического института ДВО РАН, Россия.

к.г.н. Сократов С.А., с.н.с. Лаборатории оценки природного риска и НИЛ лавин и селей, Географический ф-т МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия.

к.э.н. Хоточкин С.В., заместитель председателя Правительства Сахалинской области, Россия.

Ответственный секретарь: к.г.-м.н. Генсировский Ю.В., с.н.с. лаборатории лавинных и селевых процессов Сахалинского филиала Дальневосточного геологического института ДВО РАН, Россия.

ORGANIZERS

Co-chairman: Academician RAS Khanchuk A.I., First Deputy Chairman of the Presidium of the FEB RAS, director Far East Geological Institute of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Science (FEGI FEB RAS), Vladivostok, Russia.

Co-chairman: Dr. Khoroshavin A.V., Governor of the Sakhalin Region, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia.

Co-chairman: Dr. Magnússon M., Secretary General, International Glaciological Society, Cambridge, Great Britain.

Co-chairman: Dr. Fierz C., President, International Association of Cryospheric Sciences, Davos, Switzerland.

Deputy chairmen:

Dr. Kazakov N.A., Laboratory of Avalanches and Debris Flow Research, Sakhalin Department of FEGI FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia.

Dr. Sokratov S.A., Laboratory of Nature risk estimate, Laboratory of Snow Avalanches and Debris Flows, Faculty of Geography, Moscow State University, Moscow, Russia.

Dr. Khotochkhin S.V., Deputy Chairman of the Government of the Sakhalin region, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia.

Senior secretary: Dr. Gensiorovskiy Yu.V., Sakhalin Department of FEGI FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia.

ОРГКОМИТЕТ

академик, д.г.н. Котляков В.М., Президент Российской гляциологической ассоциации; директор Института географии РАН, г. Москва, Россия.

член-корреспондент, д.г.н. Соломина О.Н., Вице-президент Международной ассоциации криосферных наук; зам. директора Института географии РАН, г. Москва, Россия.

проф., д.г.н. Глазырин Г.Е., профессор Национального университета Узбекистана, г. Ташкент, Узбекистан.

проф. Мазно Н., экс-президент Международного Гляциологического общества, член Президиума Международного Гляциологического общества, профессор Университета Хоккайдо, г. Саппоро, Япония.

д.г.н. Коломыц Э.Г., зав. лабораторией ландшафтной экологии Института экологии Волжского бассейна РАН, г. Пущино, Россия.

доктор Сато А., член Президиума Международного Гляциологического общества, вице-президент Японской ассоциации снега и льда, директор центра по изучению снега и льда Национального исследовательского института наук о Земле и предотвращению стихийных бедствий, г. Нагаока, Япония.

к.г.н. Древило М.С., декан факультета экологии и природопользования Государственной Полярной академии, г. Санкт-Петербург, Россия.

к.г.н. Черноус П.А., главный инженер Центра лавинной безопасности ОАО "Апатит", эксперт АНО «Оргкомитет Сочи-2014», г. Кировск, Россия.

д.г.н. Саватюгин Л.М., зав. отделом географии полярных стран Арктического и антарктического НИИ, г. Санкт-Петербург, Россия.

д.т.н. Кудрявцев С.А., профессор кафедры «Железнодорожный путь, основания и фундаменты» Дальневосточного государственного университета путей сообщения, г. Хабаровск, Россия.

к.ф.-м.н. Елифанов В.П., ст. научный сотрудник Института проблем механики РАН, г. Москва, Россия.

к.т.н. Малашенко А.Е., директор СКБ САМИ ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия.

к.п.н. Молчанов К.Я., начальник управления науки и инноваций министерства экономического развития Сахалинской области, Россия.

ORGANIZING COMMITTEE

Academician V.M. Kotlyakov, the President of the Russian Association of glaciological, director of the Institute of Geography RAS, Moscow, Russia;
Corresponding member O.N. Solomina, vice-president of the International Association of Cryospheric Sciences, deputy director of the Institute of Geography RAS, Moscow, Russia;

Prof. G.E. Glazyrin, professor of the National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan;

Prof. N. Maeno, ex-president of the International Glaciological Society member of the board of the International Glaciological Society, professor of the Hokkaido University, Sapporo, Japan;

Dr. E.G. Kolomyc, head of the Laboratory of Landscape Ecology, Institute of Ecology of Volga pool of the RAS, Pushchino, Russia;

Dr. A. Sato, member of the board of the International Glaciological Society, vice-president of Japanese Society of Snow and Ice, director of the Centre for the study of snow and ice of the National research Institute for Earth science and disaster prevention;

Dr. M.S. Drevilo, dean of the Faculty of Ecology and Nature Management of the State Polar Academy, St. Petersburg, Russia;

Dr. P.A. Chernouss, chief engineer of the Center for Avalanche Safety of JSC 'Apatit', expert ANO «Organizing Committee of Sochi-2014», Kirovsk, Russia;

Dr. L.M. Savatyugin, head of the Department of Geography of the polar regions of the Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia;

Dr. S.A. Kudryavtsev, professor of the Department of «Railway track, bases and foundations» of the far-Eastern state transport University, Khabarovsk, Russia;

Dr. V.P. Epifanov, senior researcher of the Institute for Problems in Mechanics RAS, Moscow, Russia;

Dr. A.E. Malashenko, director of the SDO ADMR FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia;

Dr. K. Ya. Molchanov, chief of department of development of personnel potential, scientific and innovative activity, Ministry of Economic Development of Sakhalin region, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В 2011 году в г. Южно-Сахалинске был проведён Международный научный симпозиум «Физика, химия и механика снега». По окончании симпозиума участниками было принято решение сделать симпозиум регулярным и проводить его каждые два года.

II Международный научный симпозиум «Физика, химия и механика снега», который проводится 23-27 сентября 2013 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.

Однако на нынешнем симпозиуме помимо рассмотрения научных вопросов часть тематики посвящена рассмотрению прикладных вопросов наук о снеге и лавинах: использованию знаний о снеге и лавинах при проектировании зданий и сооружений в снежных регионах.

Представляется, что 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 in Yuzhno-Sahalinsk (Russia) the International Scientific Symposium «Physics, chemistry and mechanics of snow» was conducted. Upon termination of symposium participants accepted the decision to do a Symposium regular and to conduct his every two years.

The II International Scientific Symposium «Physicist, chemistry and mechanics of snow», which is conducted on September, 23-27 2013 in Yuzhno-Sahalinsk, continues the begun tradition.

The papers of Symposium are devoted to consideration of fundamental aspects of research of physical, chemical and mechanical properties of snow-cover, estimation of modern level of fundamental knowledge about snow, snow-cover and avalanches and prospects of research of their fundamental properties.

However on a present symposium besides to consideration of scientific questions part of subject is devoted to consideration of the applied questions of sciences about snow and avalanches: to the use of knowledge about snow and avalanches at planning of buildings and buildings in snows regions.

Appears, what expansion of subject of symposium is justified, as many engineering tasks standing before society, it is possible to decide only with the use of the scientific knowledge got during of fundamental researches.

Editorial college

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

ПРЕДИСЛОВИЕ/PREFACE	7
РАЗДЕЛ I	
ФИЗИЧЕСКИЕ, ХИМИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СНЕГА	17
PART I	
PHYSICAL, CHEMICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SNOW	17
<i>В.П. Епифанов, Н.И. Осокин.</i> Акустические методы в механике де- формирования и разрушения снега.....	18
<i>V.P. Epifanov, N.I. Osokin.</i> Acoustic methods in mechanics of deformation and destruction of snow.....	18
<i>Б.В. Иванов, П.Н. Священников.</i> Влияние аэрозольного загрязнения на радиационные характеристики снежного покрова архипелага Шпицбер- ген.....	21
<i>B.V. Ivanov, P.N. Svyashennikov.</i> The influence of aerosol pollution on the radiation characteristics of snow cover at Spitsbergen archipelago.....	21
<i>Л.Э. Карачун, А.А. Потанов.</i> Методика дистанционно управляемого эксперимента по исследованию акустических свойств снежного покро- ва в условиях естественного залегания: сезон 2012 года – результаты измерений.....	24
<i>L.E. Karachyun, A.A. Potapov.</i> Technique of remotely controlled experi- ment in studying acoustic properties of snow cover in natural occurrence: season of 2012 - measurement results.....	24
<i>Л.Э. Карачун, А.А. Потанов, Н.И. Пряженцев.</i> Методика дистанци- онно управляемого эксперимента по исследованию акустических свойств снежного покрова в условиях естественного залегания.....	25
<i>L.E. Karachyun, A.A. Potapov, N.I. Pryazhentsev.</i> Technique of remotely controlled experiment in studying acoustic properties of snow cover in natu- ral occurrence.....	25
<i>Д. Мак-Кланг.</i> Энергия разрушения ослабленного снежного слоя под снежной доской на основе полевых данных.....	26
<i>D. McClung.</i> Mode II weak layer snow slab fracture energy from field mea- surements.....	26

Х. Матсусита, Ю. Харада, С. Касamura, М. Матсузава, Х. Накамура. Эксперимент по воздействию сейсмических колебаний грунта на снежный покров на склоне.....	28
H. Matsushita, Y. Harada, S. Kasamura, M. Matsuzawa, H. Nakamura. Experiment on response of snowpack on slope to seismic ground motion.....	28
Х. Матсусита, М. Уэда, С. Касamura, М. Матсузава, Х. Накамура. Оценка импульсного давления снегопада.....	30
H. Matsushita, M. Ueda, S. Kasamura M. Matsuzawa, H. Nakamura. On estimating impulsive pressure due to falling snow.....	30
О.Г. Нецветаева, Л.М. Сорокикова, Н.А. Онищук, Н.П. Сезько, И.Н. Лопатина. Особенности химического состава снежного покрова в Байкальском регионе.....	32
O.G. Netsvetaeva, L.M. Sorokovikova, N.A. Onishhuk, N.P. Sezko, I.N. Lopatina. Peculiarities of the chemical composition of the snow cover in the Baikal region.....	32
Н.И. Осокин, А.В. Сосновский. Экспериментальные исследования эффективного коэффициента теплопроводности снежного покрова западного Шпицбергена (Норвегия).....	34
N.I. Osokin, A.V. Sosnovsky. Experimental study of the effective heat conductivity of snow cover (west Spitsbergen, Norway).....	34
П.А. Черноус. Изменчивость снега и разработка системы мониторинга для оценки стабильности снега.....	37
P.A. Chernous. Snow variability and monitoring system's designing for snow stability assessment.....	37
А.Н. Четырбоцкий. Параметризация распределения вязкости гетерогенной среды методами радиально-базисных функций.....	39
A.N. Chetyrbotsky. Parameterization of heterogeneous distribution of viscosity among the methods of radial basis functions.....	39
РАЗДЕЛ II	
СТРУКТУРА, ТЕКСТУРА, СТРАТИФИКАЦИЯ	
СНЕЖНОЙ ТОЛЩИ.....	43
PART II	
STRUCTURE, TEXTURE, STRATIFICATION	
OF SNOW PACK.....	43
Д.А. Боброва, А.М. Бобров. Результаты исследований характеристик снежного покрова в лавиносборах с разным типом растительности.....	44

D.A. Bobrova, A.M. Bobrov. Results of research of characteristics of snow cover in catchment with different types of vegetation.....	44
К.В. Верховов, С.А. Гулый. Применение логгеров для определения различных свойств снега.....	46
K.V. Verkhovov, S.A. Gulyi. Application of loggers for definition of various properties of snow.....	46
Ю.В. Ефремов. Стратиграфия и свойства снега в Красной Поляне (район Большого Сочи).....	48
Yu.V. Efremov. Stratigraphy and properties of snow in Krasnaya Polyana (the region of Big Sochi).....	48
Н.А. Казаков, И.А. Кононов, Д.А. Боброва, Ю.В. Генсировский, Е.Н. Казакова, В.А. Лобкина, С.В. Рыбальченко. Скорость изменения структуры, текстуры и плотности снежного слоя.....	51
N.A. Kazakov, I.A. Kononov, D.A. Bobrova, Yu.V. Gensiorovsky, E.N. Kazakova, V.A. Lobkina, S.V. Rybalchenko. The rate of change of the snow layer structure and texture.....	51
К.И. Кайгородов. Некоторые результаты применения георадиолокации в снегомерных съемках на озерах (на примере о. Дачное, г. Якутск).....	58
K.I. Kaygorodov. Some results of the applying georadiolocation in the snow-shooting on lakes (for example, Dachnoe lake, Yakutsk).....	58
Э.Г. Коломыц. Структурно-эволюционный полиморфизм снежного покрова.....	60
E.G. Kolomyts. Structural-evolutionary polymorphism of snow cover.....	60
И.А. Кононов. Автоматизированное определение типа текстуры отдельного слоя снежной толщи по фотографиям участков стенки снежного шурфа.....	67
I.A. Kononov. Automated detection of the texture type of snow cover layer from photographs of the wall portions of the snow pit.....	67
В.В. Литвиненко, М.Н. Петрушина, Д.М. Фролов. Особенности формирования и строения снежного покрова в Москве зимой 2012/13 гг.	69
V.V. Litvinenko, M.N. Petrushina, D.M. Frolov. Features of formation and stratigraphy of snow cover in Moscow in 2012/13.....	69
В.А. Лобкина. Изменение структуры одновозрастного снежного слоя в стратиграфическом комплексе.....	71

V.A. Lobkina. Restructuring of coeval snow layer in stratigraphic complex.....	71
Ш.К. Лохов, Н.Н. Воронай. Динамика характеристик снежного покрова в Прибайкалье во второй половине XX и начале XXI веков.....	74
Sh.K. Lokhov, N.N. Voropay. Performance characteristics of snow in the Baikal region in the second half of the XX and early XXI century.....	74
С.И. Чеботарев, А.М. Бобров, А.В. Романюк, Д.А. Боброва, В.В. Ложкомоев, О.В. Паршукова. Характеристика снежной толщи в зонах отрыва лавин в юго-западной части о. Сахалин.....	76
S.I. Chebotarev, A.M. Bobrov, A.V. Romanjuk, D.A. Bobrova, V.V. Lozhkomoev, O.V. Parshukova. Characteristics of snow cover in the zone of a separation of an avalanche in the southwestern part of Sakhalin Island.....	76
Р. А. Чернов. Особенности стратиграфии снежного покрова Среднерусской возвышенности.....	78
R.A. Chernov. Features of stratigraphy of the snow cover of the Crednerusskoj up-and.....	78
П.А. Черноус, Н.В. Барашев, Ю.Г. Селиверстов, В.Е. Сучков. Пространственная изменчивость характеристик снега, определяющих его устойчивость на склоне, в различных физико-географических условиях.....	81
P.A. Chernous, N.V. Barashev, Ju.G. Seliverstov, V.E. Suchkov. Spatial variability of characteristics of snow, which determine its stability on a slope, in different physical and geographical conditions.....	81
РАЗДЕЛ III	
СНЕЖНЫЕ ЛАВИНЫ И ЛАВИННЫЕ ПРОЦЕССЫ.....	82
PART III	
SNOW AVALANCHES AND AVALANCHE PROCESSES.....	82
Ю.Б. Андреев, А.Н. Божинский, П.А. Черноус. Построение модели локального краткосрочного пространственно-временного прогноза метелевых лавин на примере хибинского лавиносбора.....	83
Y.B. Andreev, A.N. Bozhinskiy, P.A. Chernous. The simulation of local short-term space-temporary forecast for drift-snow avalanches on khibiny site example.....	83
Д.А. Боброва. Лавинная опасность равнинных территорий о. Сахалин.....	85
D.A. Bobrova. Avalanche hazard of plain for example of Sakhalin Island.....	85
В.В. Жданов. Влияние устойчивости снежного покрова на сход лавин по материалам наблюдений на снеголавинной станции «Шымбулак».....	87
V.V. Zhdanov. Influence of stability of snow-cover on tails of avalanches on materials of supervisions on the avalanche station «Shymbulak».....	87

С.П. Журуев, Н.А. Казаков, Ю.В. Генсировский. Анализ результатов работ по профилактическому спуску лавин за зимний сезон 2012-2013 гг.....	89
S.P. Zhiruev, N.A. Kazakov, Yu.V. Gensiorovsky. Analysis of the results of work on preventive descent of avalanches for the winter season 2012-2013.....	89
Н.А. Казаков. Искусственное изменение рельефа для защиты автомобильных дорог от лавин на Южном Сахалине.....	91
N.A. Kazakov. Artificial change of relief for avalanche protection of roads on South Sakhalin.....	91
Н.А. Казаков, Д.А. Боброва. Динамика лавин разных генетических классов и проблемы моделирования лавин.....	93
N.A. Kazakov, D.A. Bobrova. Dynamics of avalanches of different genetic classes and problems of its simulation.....	93
Е.Н. Казакова. Антропогенное воздействие на береговые природные лавинные комплексы Южного Сахалина.....	99
E.N. Kazakova. Anthropogenic influence on the sea coastal nature avalanche complexes of South Sakhalin.....	99
Е.Н. Казакова. Классификация природных лавинных комплексов морских террас Южного Сахалина.....	101
E.N. Kazakova. The classification of natural avalanche complexes of marine terraces of South Sakhalin.....	101
Е.Н. Казакова, Н.А. Казаков. Характеристики снежных карнизов на западном побережье Южного Сахалина в зимнем сезоне 2012-2013 г.	104
E.N. Kazakova, N.A. Kazakov. Characteristics of snow cornices on the west coast of South Sakhalin in winter 2012-2013.....	104
К. Нисимура, Ё. Ито, А. Коматсу, К. Тандэжи, Н. Матсуока. Применение простой модели снежного покрова к системам предупреждения лавин.....	107
K. Nishimura, Y. Ito, A. Komatsu, K. Tanji, N. Matsuoka. Application of a simple snow cover model to avalanche warning systems.....	107
И.А. Кононов, Д.А. Боброва. О методе расчета дальности выброса лавин по форме продольного профиля лавиносбора.....	108
I.A. Kononov, D.A. Bobrova. The method for calculation of the avalanche run-out distance by the form of longitudinal profile of an avalanche catchment.....	108
М.Н. Петрушина. Лавинные геосистемы бассейна р. Гоначхир (Западный Кавказ).....	110

M.N. Petrushina. Avalanche geosystems of the Gonachkhir river basin (Western Caucasus).....	110
К.А. Соколова, М.Н. Петрушина. Использование индикационных методов при изучении структуры и динамики ландшафтов зон воздействия лавин и селей в Приэльбрусье.....	112
K.A. Sokolova, M.N. Petrushina. Studying landscape structure and dynamics under avalanche and debris flow influence in Prielbrusie using indication methods.....	112
С.А. Сократов, Ю.Г. Селиверстов, А.Л. Шныпарков. Чувствительность расчётной дальности выброса лавин к характеристикам подстилающей поверхности.....	114
S.A. Sokratov, Yu.G. Seliverstov, A.L. Shnyparkov. Sensitivity of modeled snow avalanches run-off distance to the characteristics of an underlying surface.....	114
А.Л. Шныпарков, С.А. Сократов, Ю.Г. Селиверстов, А.Ю. Комаров. Оценка лавинного риска на горнолыжных курортах.....	116
A.L. Shnyparkov, S.A. Sokratov, Yu.G. Seliverstov, A.Yu. Komarov. Estimation of the snow avalanches risk at ski resorts.....	116
М.Э. Эглит, Ю.А. Дроздова. Математические модели склоновых потоков.....	118
M.E. Eglit 1, Ju.A. Drozdova. Mathematical models of slope flows.....	118
РАЗДЕЛ IV	
РАЗНЫЕ ВОПРОСЫ СНЕГОВЕДЕНИЯ.....	
PART IV	
DIFFERENT ASPECTS OF SNOW STUDIES.....	
Г.Е. Глазырин. Оценка климатических характеристик снежного покрова с использованием методов теории очередей.....	120
G.E. Glazirin. Evaluation of climatical snow cover characteristics by a technique based on queuing theory.....	120
И.И. Грицук, Е.И. Дебольская, В.К. Дебольский, О.Я. Масликова. Лабораторное исследование влияния внешних воздействий на процесс таяния снежного покрова.....	122
I.I. Gritsuk, E.I. Debolskaya, V.K. Debolsky, O.Ja. Maslikova. The laboratory investigation of external influences on the process of snow melting.....	122
Ю.В. Ефремов. Погодные особенности зимнего периода 2012-2013 гг. в бассейне р. Мзымта (Западный Кавказ).....	125

Yu.V. Efremov. Weather features of the winter period 2012-2013 in the basin of river Mzymta (Western Caucasus).....	125
Ю.В. Ефремов. Роль снежного покрова в формировании селевых потоков и оползней на Северо-западном Кавказе.....	127
Yu.V. Efremov. The role of snow cover in the formation of debris flows and landslides in the North-western Caucasus.....	127
Н.Е. Касаткин, Ю.А. Ребров, А.В. Голенко. Формирование зимнего баланса на леднике Центральный Туюксу.....	129
N.E. Kasatkin, Y.A. Rebrov, A.V. Golenko. The formation of the winter balance on the glacier Central Tuyuksu.....	129
В.Г. Кондратьев. Снег как враг вечной мерзлоты.....	130
V.G. Kondratiev. Snow as permafrost enemy.....	130
О.Я. Масликова. Роль сезонного снеготаяния в процессе разрушения берегов водных объектов в условиях криолитозоны.....	131
О.Я. Maslikova. Role of seasonal snow melting in the destruction of coastal water bodies in cryolithozone.....	131
С.В. Рыбальченко. Снежный покров как фактор активизации склоновых геодинамических процессов (селей, оползней) южного Сахалина.....	133
S.V. Rybalchenko. Snow cover as a factor of activation of slope of geodynamic processes (mudflows, landslides) of southern Sakhalin.....	133
А.Б. Шмакин, В.С. Сократов. Численное моделирование сезонной эволюции снежного покрова в различных климатических условиях с применением ансамблевого подхода.....	135
A.B. Shmakin, V.S. Sokratov. Numerical modelling of seasonal evolution of the snow cover in various climatic conditions, using ensemble approach.....	135

РАЗДЕЛ V

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ЗДАНИЙ

И СООРУЖЕНИЙ В СНЕЖНЫХ РЕГИОНАХ.....137

PART V

DESIGN AND CONSTRUCTION OF BUILDINGS

AND STRUCTURES IN THE SNOWY REGIONS.....137

Ю.В. Генсиоровский, Н.Н. Ухова, В.А. Лобкина, Т.Г. Рященко, С.И. Штельмах. Размещение снежных полигонов на урбанизированной

территории: инженерно-геологические и экологические аспекты.....	138
Yu.V. Gensiorovsky, N.N. Ukhova, V.A. Lobkina, T.G. Riashchenko, S.I. Stellmach. Locaing snow fields on the urbanized territory: geotechnical and ecological aspects.....	138
М.Н. Иванов, М.М. Каминская, А.А. Архипова, А.В. Новикова, Е.П. Семенкова. Защита олимпийской инфраструктуры в Красной Поляне от лавин, селей и оползней.....	140
M.N. Ivanov, M.M. Kaminskaya, A.A. Arkhipova, A.V. Novikova, E.P. Semenкова. Protection of the olympic infrastructure in Krasnaya Polyana from avalanches, mudflows and landslides.....	140
К. де Йон. Свойства и воздействие искусственного снега на горнолыжных курортах.....	142
C. de Jong. Properties and impacts of artificial snow in mountain ski resorts.....	142
Е.Н. Казакова, В.А. Лобкина. Исследование снегопереноса на участке автомобильной дороги Южно-Сахалинск – Оха (км 243 - км 249) в зимнем сезоне 2012-2013 гг.....	144
E.N. Kazakova, V.A. Lobkina. Research of snow-drifting on the road Yuzhno-Sakhalinsk – Okha (Sakhalin Island) in winter 2012-2013.....	144
С.А. Кудрявцев, Т.Ю. Вальцева, Р.Г. Михайлин, Ю.Б. Берестяный. Использование геосинтетических материалов в конструкциях при строительстве автодорог в снежных регионах России.....	147
S.A. Kudriavtcev, T.Y. Valtseva, R.G. Mikhailin, Y.B. Berestianyi. Use geotechnical materials in design at construction of the motor road in snow region of Russia.....	147
В.А. Лобкина. Алгоритм районирования малоизученной территории по расчетному значению веса снегового покрова.....	149
V.A. Lobkina. Algorithms zoning of the territory by the calculated on the snow load.....	149
В.А. Лобкина. Снежность о. Сахалин и её воздействие на экономику территории.....	152
V.A. Lobkina. Snowiness for the Sakhalin Iisland and its impact on the economy of the territory.....	152

<i>T. Хоси, К. Маруяма, М. Кумагай.</i> Сопротивление скольжению пористого асфальта мостовой в зимних условиях.....	154
<i>T. Hoshi, K. Maruyama, M. Kumagai.</i> Skid resistance of porous asphalt pavement under winter conditions.....	154
Список авторов/List of authors.....	155

Раздел I

Физические, химические и механические свойства снега

Part I

Physical, Chemical and Mechanical Properties of Snow

Акустические методы в механике деформирования и разрушения снега

В.П. Епифанов¹, Н.И. Осокин²

*¹ФГБУН Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН,
г. Москва, Россия*

²ФГБУН Институт географии РАН, г. Москва, Россия

Acoustic methods in mechanics of deformation and destruction of snow

V.P. Epifanov¹, N.I. Osokin²

¹Institute for problems in mechanics of RAS, Moscow, Russia

²Institute of geography of RAS, Moscow, Russia

Акустические методы обычно применяют для определения упругих характеристик снега, например, динамического модуля.

Не меньший интерес представляет направление исследований, нацеленных на изучение механики деформирования и разрушения льда и снега, начиная от установления идентичности исследуемых образцов снега друг другу при механических испытаниях до изучения кинетики накопления деформационных повреждений в них.

Для исследования склоновых процессов и определения состояния снежной толщи в условиях залегания применяют также метод акустической эмиссии (АЭ). Например, положительные результаты по определению «созревания», т.е. накопления разрушений в снежном каркасе, были получены для целей прогнозирования лавиноопасной ситуации на склоне. Еще одним перспективным направлением в изучении снега являются методы акустической тензометрии, когда с помощью пьезоэлектрических датчиков определяют напряжения, возникающие при динамическом взаимодействии движущейся снежной массы с препятствием или оценивают реакцию (сопротивление) снега на внедрение индентора.

Цель настоящего исследования состоит в изучении кинетики накопления повреждений при деформировании и разрушении снега на горном склоне с помощью метода акустической эмиссии (прямая задача) и разработке экспресс метода акустической стратиграфии снежной толщи (обратная задача) для количественной оценки пространственно-временной изменчивости свойств снега и для оценки его устойчивости на склоне. Исследуются амплитудно-частотные спектры разрушения снега в условиях естественного залегания на горном склоне и в тестовых испытаниях (на вязкость разрушения, изгиб, удар) в диапазоне час-

тот от 15 Гц до 20 кГц. Использован комплексный подход, включающий метод акустической эмиссии (АЭ), импульсно-фазовый метод, акустическое зондирование и механические методы испытания на растяжение и изгиб. Измерения выполнены в районе Баренцбурга (Шпицберген) на склоне горы Улаф. Определены упругие свойства снега, его твердость, вязкость разрушения, структура, температура, плотность, а также кинетика разрушения в тестовых испытаниях.

Собственные акустические колебания в низкочастотной части спектра (менее 500 Гц) объяснены образованием трещин при смещении слоев относительно друг друга, а в высокочастотной (выше 2 кГц) части спектра — образованием дефектов в снежном каркасе. Установлено, что форма и характеристики сигналов АЭ, получаемых при зондировании снежной толщи, обусловлены разными механическими свойствами разновозрастных слоев, их толщиной и присутствием ледяных прослоек.

На основе установленных закономерностей изменения амплитудно-частотных спектров разрушения разновозрастных слоев снега при их зондировании лавинным щупом и тестовых измерений в шурфе разработан экспресс метод акустической стратиграфии снежной толщи для количественной оценки пространственно-временной изменчивости свойств снега и для оценки его устойчивости на склоне.

Как показали исследования, хрупкое разрушение частиц снега при прохождении наконечника через одновозрастный слой вызывает высокочастотную модуляцию основного сигнала АЭ.

Частота f_0 модуляции, наблюдаемая при прохождении лавинным щупом одновозрастного слоя, содержат информацию не только об энергии разрушения частиц льда (координационном числе, энергии сцепления), но и об их гранулометрическом составе. Собственная частота осциллятора в первом приближении равна

$$f_0 = \frac{1}{2\rho} \sqrt{\frac{k}{Rr}}, \text{ где } R - \text{ радиус осциллятора.}$$

Для экспериментально определенной плотности ρ снега и частоте осцилляций f_0 , измеряемой во время прохождения наконечника через одновозрастный слой снега, его коэффициент упругости k может быть представлен в виде

$$\bar{k} = 4\rho^2 r (f^2 R) \frac{\epsilon_{\kappa 2} \dot{u}}{\epsilon_m^2 c^2 \dot{u}} = \frac{\epsilon_{\Pi a} \dot{u}}{\epsilon_m \dot{u}}.$$

Это уравнение по физическому смыслу представляет собой равенство внешней сторонней силы $\dot{k}$, действующей на снежный каркас, про-

изведению эффективной массы осциллятора на вектор ускорения Rf^2 , т.е. обобщение второго закона Ньютона. В первом приближении параметр k характеризует не только геометрические и прочностные характеристики одновозрастных слоев снега, но и его структуру.

Таким образом, разработан способ акустической стратиграфии, позволяющий определять размеры (толщину одновозрастных слоев), количество слоев, а также структуру и прочность снега в каждом одновозрастном слое. Предложен параметр, содержащий экспериментально определяемые характеристики снега, который характеризует его состояние в условиях квазистатического и динамического нагружения.

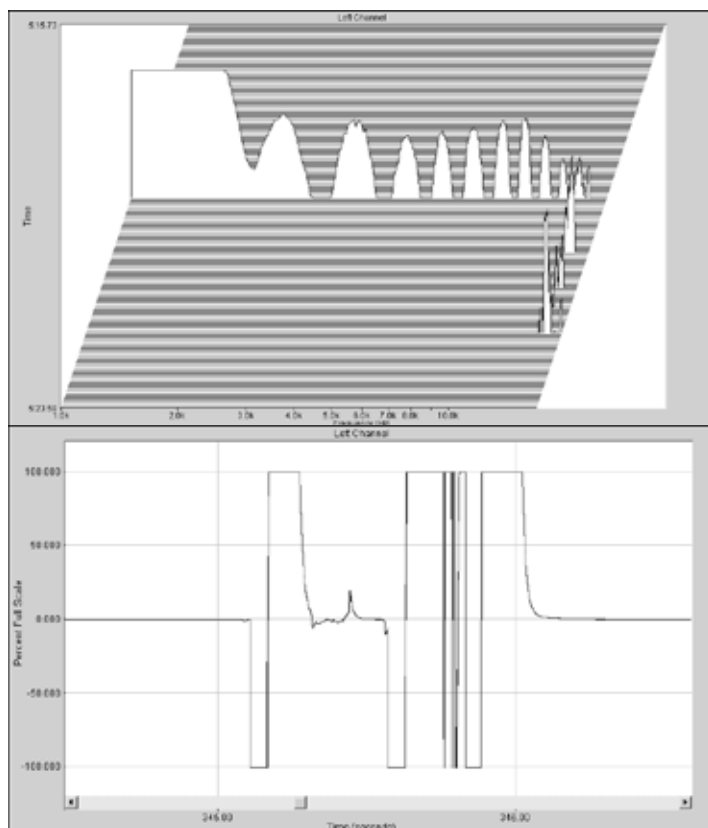


Рисунок 1. Спектрограммы АЭ, генерируемые при прохождении лавинного щупа через одновозрастные слои снежного покрова в координатах: (слева) частота - амплитуда – время и (справа) амплитуда - время (1с/деление).

Влияние аэрозольного загрязнения на радиационные характеристики снежного покрова архипелага Шпицберген

Б.В. Иванов^{1,2}, П.Н. Священников^{2,1}

¹*ФГБУ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,
Санкт-Петербург, Россия;*

²*Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, Россия*

The influence of aerosol pollution on the radiation characteristics of snow cover at Spitsbergen archipelago

B.V. Ivanov^{1,2}, P.N. Svyashennikov^{2,1}

¹*Federal State Budgetary Institution "Arctic and Antarctic Research Institute",
St. Petersburg, Russia;*

²*St. Petersburg state University, St. Petersburg, Russia*

Альbedo снежной поверхности связано с текстурой и структурой поверхностного слоя снега, особенностями вертикального перераспределения загрязнений в этом слое (минеральные или органические частицы различной концентрации, размера и формы), с температурным режимом приземного слоя воздуха. Выявление связей величины альbedo с характеристиками естественного и искусственного загрязнения является весьма актуальным. Результаты математического моделирования эволюции ледниковых покровов, морского льда и снежной толщи демонстрируют высокую чувствительность моделей к этому параметру. Оригинальные результаты, в рамках указанной проблемы, были получены специалистами ААНИИ и СПбГУ в период 2010-2012 гг. на архипелаге Шпицберген в окрестности российского шахтерского поселка Баренцбург. Проведенные исследования радиационных свойств снежного покрова выявили существенное влияние аэрозольных компонент загрязнения на радиационный баланс поверхности. Последние попадают в атмосферу в результате добычи и сжигания угля на местной теплоэлектростанции (ТЭЦ). Выявлена количественная связь «альbedo–поверхностное загрязнение», демонстрирующая влияние такого антропогенного фактора, как сажевый аэрозоль. Коротковолновое альbedo (300 – 3000 нм) снежного покрова изменяется в широких пределах в зависимости от степени загрязненности поверхности. Осредненные по четырем грациям значения альbedo представлены в таблице. Отмечается уменьшение более чем в два раза величины альbedo свежеснежного покрова по сравнению с альbedo сильно загрязненного снежного покрова. В результате загрязнения увеличивается доля поглощенной

снежной поверхностью солнечной радиации, что соответственно ускоряет процесс таяния снежного покрова.

Таблица 1. Результаты измерений альбедо над различными по степени загрязненности участками поверхности

Характеристика поверхности	Среднее значение альбедо, %
Свежевыпавший снег	83
Слабо загрязненная поверхность	80
Умеренно загрязненная поверхность	64
Сильно загрязненная поверхность	41

Сравнение величин альбедо снежного покрова в поселке Баренцбург, где ведется угледобывающая деятельность, с аналогичными величинами, характерными для норвежского поселка Нью-Алесун, где осуществляются только научные исследования и аэрозольные выбросы сведены к минимуму, показало, что в среднем альбедо снега в диапазоне 300 – 3000 нм в Баренцбурге на 15-20 % меньше, чем в Нью-Алесуне. Результаты сравнения отражены на рисунке. Исследования влияния загрязнения на проникающую вглубь снежного покрова солнечную радиацию включали в себя синхронные измерения приходящей, отраженной и проникающей радиации в диапазоне ФАР. В каждой точке наблюдений отбирались пробы снега из поверхностного 5-ти см слоя для последующей фильтрации расплавленных образцов (проб воды) и определения уровня загрязнения (объемная концентрация). Наблюдения проводились в различных местах поселка Баренцбург, которые визуально отличались по степени загрязнения снега. Максимальная концентрация загрязняющих веществ составила 1.93 г/л, минимальная - 0.1 г/л. Величина ослабления солнечной радиации в верхнем 5-ти см слое снега составила от 50 до 100%. В тоже время в интервале загрязнения 0.12 - 0.73 г/л (наиболее характерные величины) не удалось четко выявить эффект увеличения ослабления проникающей радиации за счет поглощения углеродосодержащими частицами. Продолжение подобных натурных наблюдений и накопление новых данных, очевидно, позволит количественно оценить эту зависимость.

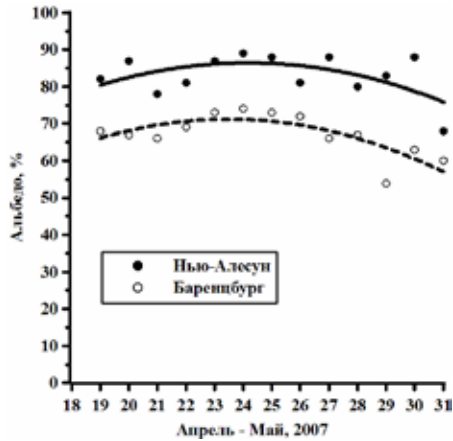


Рисунок 1. Альбедо снега в поселках Баренцбург и Нью-Алесун.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-05-00780_а, а также в рамках двухстороннего сотрудничества с Норвежским Полярным институтом (проект ARCDIV).

**Методика дистанционно управляемого эксперимента
по исследованию акустических свойств снежного
покрова в условиях естественного залегания:
сезон 2012 года – результаты измерений**

Л.Э. Карачун, А.А. Потанов

*ФГБУН Специальное конструкторское бюро средств автоматизации мор-
ских исследований ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия*

**Technique of remotely controlled experiment in studying
acoustic properties of snow cover in natural occurrence:
season of 2012 - measurement results**

L.E. Karachyun, A.A. Potapov

*Special Research Bureau for Automation of Marine Researches FEB RAS, Yuzhno-
Sakhalinsk, Russia*

Обработка результатов измерений в экспериментах, проведённых в 2012 годах, выявила особенности распространения звука в снежном покрове, в частности отличия в распространении импульса взрывного типа и импульса с тональным заполнением, зависимость ослабления амплитуды звуковой волны от её частоты, а также величины временных задержек при распространении сигнала, которые позволяют определить значения скорости звука в снегу.

Abstract. Processing of measurement results in experiments conducted in 2012, revealed features of sound propagation in snow cover, in particular differences in propagation of pulse of explosive type, and CW-filled pulse, dependence of sound wave amplitude attenuation on its frequency, and the values of time delays in propagation of signal, which allows to determine the value of sound velocity in snow.

Методика дистанционно управляемого эксперимента по исследованию акустических свойств снежного покрова в условиях естественного залегания

Л.Э. Карачун, А.А. Потапов, Н.И. Прыженцев

ФГБУН Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

Technique of remotely controlled experiment in studying acoustic properties of snow cover in natural occurrence

L.E. Karachyun, A.A. Potapov, N.I. Pryazhentsev

Special Research Bureau for Automation of Marine Researches FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Высокая временная изменчивость структуры снежного покрова не позволяет выполнить достаточно корректные исследования снега в лабораторных условиях. Исследования физических свойств снега акустическими методами в условиях естественного залегания требуют применения современных технических средств формирования и приема зондирующих акустических сигналов, а так же дистанционных методов управления экспериментом и накопления измерительной информации.

Исходя из этого, и был проведен ряд экспериментов по исследованию акустических свойств снежного покрова.

Abstract. High temporal variability of snow cover structure does not allow a sufficiently correct study of snow in laboratory. Studies of physical properties of snow by acoustic methods in conditions of natural occurrence require the use of modern means of formation and reception of probing acoustic signals, as well as remote control of experiment flow and accumulation of measuring information.

Based on this, series of experiments to study the acoustic properties of snow was carried out.

Модель II энергии сдвигового разрушения ослабленного снежного слоя под снежной доской на основе полевых данных

Д. Мак-Кланг

Университет Британской Колумбии, Ванкувер, Канада.

Mode II weak layer snow slab fracture energy from field measurements

D. McClung

*Department of Geography, University of British Columbia,
Vancouver, Canada*

Dry snow slab avalanches release by propagating shear fractures (mode II) in the weak layer under the snow slab. The most fundamental fracture property in the release process is the fracture energy: the energy needed to drive a fracture through intact material in the weak layer per unit area (J/m^2). In this paper, I provide calculations for the weak layer fracture energy based on hundreds field tests for 35 different weak layer/slab combinations from propagation saw tests.

The tests contain measurements of the critical length for mode II propagation, the slab density and depth, slope angle, weak and weak layer crystal forms.

The results are compared with previous results published based on data from fracture lines of natural slab avalanches in Geophysical Research Letters (2007). Both sets of calculations are based on the assumption of quasi-brittle behavior for weak layer fracture. The comparison shows that both sets of calculations imply a log normal probability density function for the fracture energy. The calculations from the field tests are shown to be comparable, but slightly less, than the values obtained from slab avalanche fracture lines. Part of the difference is due to a lower density range for the field tests. Also, the field tests were performed at a rate which is not fast enough to guarantee completely elastic behavior which implies apparent fracture energy.

The field tests were performed with for a slab with the downslope end of the slab being a free surface whereas for slab avalanche formation both ends of the critical length prior to propagation are in the interior of the slab. This implies different longitudinal stress conditions in the fracture propagation condition represented by the critical mode II stress intensity factor. In this paper, 11 pairs of critical lengths for different slab- weak layer combinations with and without a free surface are used to estimate the effect of longitudinal

stress conditions needed to compare critical length calculations for the two cases. This enables translation of the hundreds of tests from propagation saw tests to the avalanche case.

It is shown that, in the avalanche case, the critical length is somewhat more than twice the length in the propagation saw tests. This is an extension to the quasi-brittle case of work I published in *Journal of Geophysical Research* (2011) and with much more data.

Эксперимент по воздействию сейсмических колебаний грунта на снежный покров на склоне

***Х. Матсусита¹, Ю. Харада¹, С. Касamura^{1,2},
М. Матсузава¹, Х. Накамура¹***

*¹Научно-исследовательский институт гражданского
строительства в холодных регионах,
Научно-исследовательский институт
гражданских исследований, Япония;*

²Тохокское региональное бюро, Япония

Experiment on response of snowpack on slope to seismic ground motion

***H. Matsushita¹, Y. Harada¹, S. Kasamura^{1,2},
M. Matsuzawa¹, H. Nakamura¹***

*¹Civil Engineering Research Institute for Cold Region,
Public Works Research Institute, Japan;*

²Present affiliation; Tohoku Regional Bureau, Japan

Earthquake-induced snow avalanches have been reported recently in Japan and caused closures of roads. To evaluate a risk for occurrence of the earthquake-induced snow avalanches, response characteristics of snowpack to ground motion due to earthquake have to be considered as factor for snow failure. However, the response characteristics of snowpack on slope to seismic motion have not been investigated enough. In this study, an experiment was carried out to clarify the response of snowpack on slope to seismic ground motion.

In the experiment, snow blocks which were cut from natural snow were put on slope (length; 55 cm, wide; 50 cm) with inclination of 30 degrees fixed on table (2 m by 2 m) of vibration device, and then snow block on slope were given horizontal vibration. Height of snow blocks were 64 cm (snow block-H; High) and 41 cm (snow block-L; Low). Two snow blocks had the same snow grain types and consisted of rounded grains with density of 411 – 474 kg m⁻³ and grains of melt forms with density of 395 – 535 kg m⁻³. Layers in snow blocks were parallel to the slope. Accelerations of table of vibration device (i.e., input accelerations) were given horizontally to be constant as 0.1, 0.3, 0.5 and 0.7 G (1 G = 9.8 m s⁻²) with periods of vibration that changed from 0.1 s to 1 s within 3 minutes. Accelerations of snow block (i.e., response accelerations) were measured using accelerometer (Hexahedron; 18 x 18 x 24 mm³, mass; 40 g) inserted into snow block at different three height positions.

The results revealed that the response accelerations of snow block-H were larger than that of input acceleration, but the response accelerations of snow block-L did not changed on comparing with input acceleration. In the case of snow block-H, the response accelerations of snowpack on slope depended on period of horizontal vibration. In case of input acceleration of 0.3 G, for example, maximum value of difference between the response and the input accelerations was measured when the period of vibration was approximately 0.2 s. The response accelerations of snow block-H at heights of 52, 29 and 9 cm were 4.2, 2.7 and 1.6 times as large as that input acceleration. According to time series of accelerations, phases of the response accelerations tend to be late to that of the input acceleration. In addition, the response accelerations in direction to surface of snow were larger than that in direction to bottom of snow. This suggests that tensile stress acting normal to snow layers is more important for failure of snowpack on slope than compressive stress as the earthquake occurred. Consequently, for evaluating the risk of occurrence of earthquake-induced avalanches, the response acceleration of snowpack on slope to the seismic ground motion has to be considered as additional stress acting snow.

Оценка импульсного давления снега во время снегопада

*Х. Матсусита¹, М. Уэда¹, С. Касamura^{1,2},
М. Матсузава¹, Х. Накамура¹*

*¹Научно-исследовательский институт гражданского
строительства в холодных регионах,
Научно-исследовательский институт
гражданских исследований, Япония;*

²Тохокское региональное бюро, Япония

On estimating impulsive pressure due to falling snow

*H. Matsushita¹, M. Ueda¹, S. Kasamura^{1,2},
M. Matsuzawa¹, H. Nakamura¹*

*¹Civil Engineering Research Institute for Cold Region,
Public Works Research Institute, Japan;*

²Present affiliation; Tohoku Regional Bureau, Japan

Impulsive pressure due to falling snow is important factor for considering of possibility of accidents caused by falling snow from structures on road such as road information sign. In previous studies, the impulsive pressure given from falling ice and/or hard snow with high density has been measured well, but the pressure due to snow with low density and low hardness has not been understood enough. For that reason, experiments were carried out to examine the impulsive pressure due to falling snow with low density.

In the experiments, snow blocks, which were cut from natural snow accumulated on the ground and formed to cubes with edge length of 10, 20 and 30 cm, were used and then were fallen freely from heights of 1 – 6 m. The snow consisted of rounded grains and grains of melt forms with densities of $240 - 380 \text{ kg m}^{-3}$. Hardness of snow measured using portable force gage were $9 - 455 \text{ kN m}^{-2}$ and snow temperatures were below freezing. Impulsive force F due to falling snow was measured using load measurement device put horizontally on the ground. The device has two steel plates with thickness of 9 mm and three load cells were installed between the plates. The impulsive force F (N) is sum of three measurements. Dividing the maximum value of F by contact area of snow block at moment of collision S (m^2) gives impulsive pressure P (N m^{-2}).

From results of the experiments, although the impulsive pressure was related to snow density and mass, these relations depended on snow grain type and were not significantly. However, snow hardness had closely relation to the impulsive pressure due to falling snow. The relationship between the

snow hardness and the impulsive pressure did not depended on snow grain type, mass of snow and height of falling. Therefore, snow hardness is used to examine as follows. Because snow used in the experiments has low density, we consider phenomena of collision of falling snow not as rigid body but as fluid. The impulsive pressure P (N m^{-2}) can be given theoretically from expression (1).

$$P = k \rho V^2 \quad (1)$$

Where, ρ is snow density (kg m^{-3}), V is velocity of falling snow at moment of collision (m s^{-1}) and k is coefficient which depends on snow characteristics. Regression analysis between coefficient k and snow hardness H (kN m^{-2}) gives an expression (2) which has correlation coefficient of 0.69.

$$k = 0.0079 H + 1.53 \quad (2)$$

The coefficient k can be estimated from expression (2) using snow hardness, and then the impulsive pressure P is obtained by substituting of estimated k , snow density ρ and velocity of falling snow V into expression (1). Comparing of estimated impulsive pressures with measured values indicated that close relationship between these values with correlation coefficient of 0.82, its relation is statistically significance with significant level of 95 %.

Особенности химического состава снежного покрова в Байкальском регионе

О.Г. Нецветаева, Л.М. Сорокикова,

Н.А. Онищук, Н.П. Сезько, И.Н. Лопатина

ФГБУН Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

Peculiarities of the chemical composition of the snow cover in the Baikal region

O.G. Netsvetaeva, L.M. Sorokovikova,

N.A. Onishhuk, N.P. Sezko, I.N. Lopatina

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

Представлены результаты исследования химического состава снежного покрова (СП), отобранного в марте 2012 г. в разных по антропогенной нагрузке районах Байкальского региона. Наиболее загрязнен СП в промышленных центрах Иркутской области (гг. Шелехов, Ангарск, Иркутск). Минерализация снеговых вод (СВ) изменялась в пределах 13-109 мг/дм³, в среднем составляя 39-43 мг/дм³. В Шелехове зафиксированы максимальные концентрации маркеров алюминиевого производства – фторидов (до 22,3 мг/дм³), натрия (до 25,2 мг/дм³), алюминия (до 14,2 мг/дм³). Среднее содержание фторидов в 30 раз, натрия – в 19 раз, алюминия – в 22 раза выше, чем в Ангарске и Иркутске. В Ангарске отмечены наибольшие концентрации трассеров теплоэнергетической отрасли – сульфатов, гидрокарбонатов и кальция, а также нитратов и марганца. Максимальные величины рН (9,4-10,2), концентраций нитратов (9-13 мг/дм³) и марганца (225-232 мкг/дм³) определены в районе завода полимеров, ЗАО «Причал», нефтехимического комбината и ТЭЦ. В СП Иркутска зафиксированы наиболее высокие концентрации цинка и ванадия, с максимумами (57 и 23 мкг/дм³) в районе авиационного завода.

При удалении от промышленных центров загрязнение СП резко снизилось. Так вдоль автотрассы г. Иркутск - пос. Листвянка (юго-западное побережье оз. Байкал) минерализация СП в основном была невысока, 6-15 мг/дм³, рН - 4,8-5,2. Резкое повышение этих величин регистрировалось только в зоне влияния локальных источников (котельная, крупный поселок). Особенностью химического состава СВ этого маршрута является сравнимое с Иркутском содержание свинца (0,53 мкг/дм³). В СП, отобранном со льда Южного Байкала, минерализация, концентрации главных ионов-нитратов, сульфатов, кальция бы-

ли ниже, чем по маршруту Иркутск-Листвянка в 1,2-4 раза, величина рН не превышала 5,6. Содержание же свинца ($0,62 \text{ мкг/дм}^3$) в среднем даже выше, чем в Иркутске ($0,5 \text{ мкг/дм}^3$).

Исследования СП на Северном Байкале (со льда озера и на водосборах рек: Верхняя Ангара, Кичера, Холодная, Рель, Тья), а также вдоль автотрассы: г. Северобайкальск - пос. Жигалово - г. Иркутск показали наименьшее его загрязнение на участке Северобайкальск – Жигалово. Средняя минерализация СВ здесь составила $7,3 \text{ мг/дм}^3$, величина рН - 5,6, концентрации главных ионов - кальция ($0,6 \text{ мг/дм}^3$) и нитратов (1 мг/дм^3) были минимальными по сравнению с другими обследованными территориями. При продвижении от пос. Жигалово к г. Иркутску минерализация и содержание нитратов, сульфатов и кальция в СВ в среднем увеличились в 2-3 раза. На этом участке зарегистрированы повышенные концентрации большинство микрокомпонентов, их содержание в среднем в 3,6 раз выше, чем на участке Северобайкальск – Жигалово. Наибольшая в среднем минерализация ($20,9 \text{ мг/дм}^3$) и величина рН (6,5) определены в СП бассейнов исследованных рек. Повышенные концентрации большинства загрязняющих компонентов зарегистрированы в устье р. Тья, где находится г. Северобайкальск, и в районе пос. Заречный. Минимальные значения зарегистрированы в СП на побережье р. Верхняя Ангара. В СП на льду Северного Байкала минерализация в 1,7 раз ниже, чем в бассейнах рек, рН мало отличается.

Таким образом, исследования химического состава СП в Байкальском регионе выявили наименьшее загрязнение на участке Северобайкальск – Жигалово. Наиболее высока аккумуляция загрязняющих веществ в СП крупных промышленных центров (гг. Иркутск, Ангарск, Шелехов).

Экспериментальные исследования эффективного коэффициента теплопроводности снежного покрова западного Шпицбергена (Норвегия)

Н.И. Осокин, А.В. Сосновский

ФГБУН Институт географии РАН, г. Москва, Россия

Experimental study of the effective heat conductivity of snow cover (West Spitsbergen, Norway)

N.I. Osokin, A.V. Sosnovsky

Institute of geography of RAS, Moscow, Russia

Теплозащитные свойства снежного покрова определяются его термическим сопротивлением. Термическое сопротивление снежного покрова зависит как от стратиграфии снежного покрова, так и эффективного коэффициента теплопроводности снега. Известные зависимости коэффициента теплопроводности снега дают большой разброс значений при одной плотности снега. Одной из причин этого является зависимость эффективного коэффициента теплопроводности от структуры снега. Целью исследований являлось определение коэффициентов теплопроводности – а и теплопроводности – λ снега разной структуры по данным полевых измерений температурного режима снежного покрова в районе Западного Шпицбергена весной 2013г.

Представлены результаты экспериментальных исследований температурного режима снега разной структуры. Толщина снежного покрова превышала 1 м и он был сложен из слоев снега разной структуры. Для измерения температуры снега использовались термохроны с точностью измерений 0,06°C. Термохроны располагались на расстоянии 5 см друг от друга. В каждом эксперименте запись температуры проводилась с интервалом в 20 мин. в течение 3-6 часов. Измерения проводились как в режиме нагревания, так и охлаждения поверхности снега. При искусственном нагревании горизонтальной поверхности естественного снежного покрова исследуемая часть снежного покрова изолировалась от остального массива для предотвращения горизонтального теплового потока. При измерении температурного режима вертикальной стенки шурфа датчики помещались в слой снега выбранной структуры. Изменение температуры боковой поверхности снега происходило за счет суточного хода температуры воздуха.

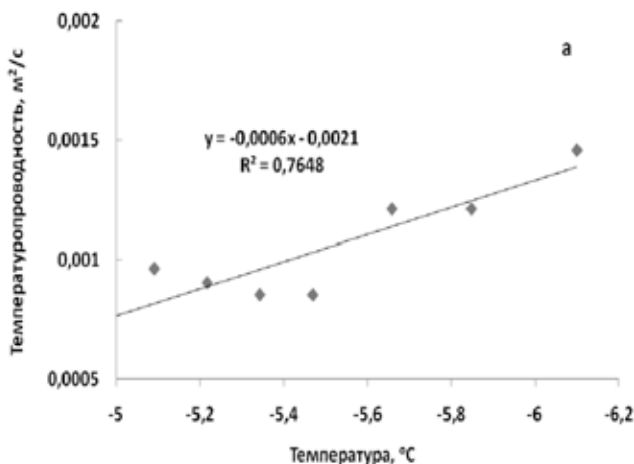
Расчет коэффициента теплопроводности проводился на основании уравнения теплопроводности Фурье для нестационарного одномерного температурного поля, записанного в конечных разностях:

$$Dt/D\tau = a D^2t/Dz^2.$$

где Δt и Δz — шаг по времени и по глубине толщи грунта; Δt — перепад температуры в снегу через момент времени Δt (в левой части) и на расстоянии равном Δz (в правой части уравнения).

Правая часть этого уравнения определяется по градиентам температуры в выше и нижележащем слое по отношению к горизонту z в момент времени τ . Поэтому для оценки коэффициента температуропроводности a для данного типа снега необходимо измерить температуру на трех горизонтах толщи и ее динамику в горизонте z . При этом характер теплового процесса в период наблюдений должен отвечать условиям охлаждения или нагревания. В результате измерений и расчетов были получены более 100 значений коэффициента температуропроводности и теплопроводности снега. Результаты измерений показали следующее.

Среднее значение коэффициента теплопроводности глубинной изморози плотностью 280 кг/м³ и размером кристаллов 1-2 мм в режиме охлаждения составляет 0,08-0,09 Вт/(м°С). В режиме охлаждения с ростом температуры снега увеличивается коэффициент теплопроводности, а с ростом температурного градиента значение λ уменьшается. В режиме нагревания зависимость обратная – с ростом температуры λ уменьшается. Возможно, это обусловлено тем, что поток водяного пара идет от поверхности вглубь снежного покрова. При его конденсации в холодной толще идет тепловыделение, которое создает эффект нагревания и роста теплопроводности. При этом $\lambda = 0,1$ Вт/(м°С). Этот эффект проявлялся для снега разной структуры (рис.1). Для мелкозернистого снега плотностью 370 кг/м³ значение λ составляет 0,15–0,2 Вт/(м°С).



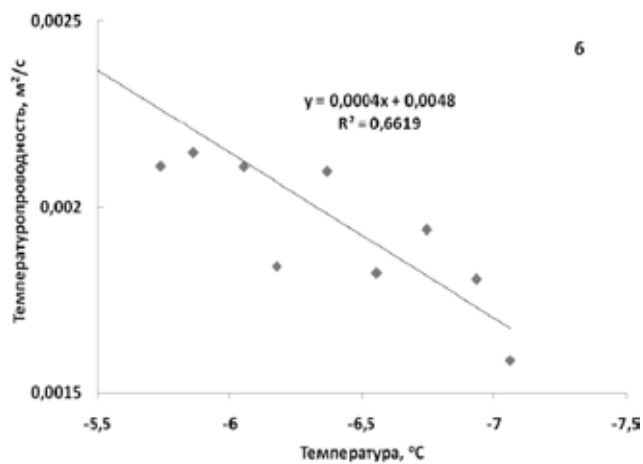


Рис. 1. Динамика коэффициента температуропроводности метелевого снега плотностью 220 кг/м³ в режиме нагрева (а) и охлаждения поверхности (б).

Изменчивость снега и разработка системы мониторинга для оценки стабильности снега

П.А. Черноус

Центр лавинной безопасности ОАО "Апатит", Кировск, Россия

Snow variability and monitoring system's designing for snow stability assessment

P.A. Chernous

Center for Avalanche Safety, "Apatit" JSC, Kirovsk, Russia

It is known that snow properties are variable in time and space. Not so much is known about quantitative parameters of the variability. Monitoring of snow characteristics in avalanche starting zones for snow stability assessment usually (in the best case) is carried out in a few points irregularly in time and obtained data subjectively transfer to other points and areas of the starting zones and to other moments to assess snow stability. How are valid these transfers? How does spatial and temporal representativeness of point measurements depend of the spatial and temporal variability of the snow characteristics? What criteria should be applied to designing of the monitoring systems, especially for the systems based on point measurements? Which characteristic's variability is negligible to snow stability assessment and which one should be taken into account? These and other questions have been raised in the work. To get answers to the questions an approach that considered spatial and temporal distributions of snow characteristics as realizations of random fields (processes) was used. The results of numerous measurements of snowpack characteristics (snow surveying) obtained in mountains of different geographical areas were a source of information on snow variability. Such statistical methods like variance and correlation analysis and also spectral analysis were used to clarify temporal and spatial statistical structure of snow characteristics and to assess its statistical parameters. Accuracy of linear interpolation and accuracies of substitution of mean integral value and mathematical expectation by mean arithmetical of point measurements are suggested to use as criteria of the monitoring system quality. Why are they? Interpolation is the only possible method to monitor snow characteristics at the points (or moments) where they have been not measured. Sometime precise data on snow characteristics at separate points on a slope are not important, but mean integral value for some area (or some period) is required. Mathematical expectations (and other statistics) of the snow characteristics are required to statistical simulation their temporal and spatial realizations and the accurate the better. The statistical simulation seems now

the most powerful instrument for probabilistic snow stability assessment on data of the point measurements.

The assessments of the parameters of the spatial and temporal statistical structure of snow depth, density, shear strength and temperature, obtained for the Khibiny Mountains, the Caucasus and mountains of Siberia, have been presented in the work. Tables of errors for different plans of the monitoring systems have been calculated. A sensitivity of different models for snow stability assessment to accuracy of the input data is discussed.

Параметризация распределения вязкости гетерогенной среды методами радиально-базисных функций

А.Н. Четырбоцкий

*ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,
г. Владивосток, Россия*

Parameterization of heterogeneous distribution of viscosity among the methods of radial basis functions

A.N. Chetyrbotsky

Far East Geological institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

Численное изучение вещественной динамики гетерогенных сред выполняется на основании положения о том, что оно (вещество) адекватным образом соответствует некоторой среде (ньютоновской жидкости, средам Максвелла или Кельвина и т.д.) с определенными реологическими свойствами. Важнейшим из них является вязкость среды - характеристика контактного сопротивления перемещению одних частей рассматриваемой системы относительно других ее частей (внутреннее трение). Результат такого трения приводит, в том числе, к диссипации тепла (т.е. энергии), которая расходуется на это перемещение. Из чего следует, что вязкость во многом определяет пространственно-временную динамику. Анализ характера распределения вязкости также важен для понимания материальных свойств Земли.

В настоящее время отсутствует строгая теория вязкости рассматриваемых систем. Поэтому на практике широко применяют ряд эмпирических и полуэмпирических соотношений, в значительной мере отражающих зависимость вязкости отдельных классов течения жидкости от температуры, давления и химического состава. Для оценки распределения вязкости гетерогенной системы (здесь примером такой системы выступает мантия Земли) использовался аппарат радиально-базисных функций, в рамках которого формальная постановка задачи записывается в виде: по заданному дискретному набору значений некоторой функции $\{f_i \circ f(x_i), x_i \in D \subset R^n, i = 1, I\}$

следует так подобрать зависящее от набора параметров θ соотношение

$$F(X, \theta) \circ \sum_j a_j f(\|X - C_j\|, \theta) + p(X), \quad (1)$$

чтобы оно при $X = \{x_i \in D \subset R^n, i = 1, I\}$ в наибольшей степени, в смысле определенного критерия, отвечало бы указанному набору. Другими словами, требуется так выбрать радиальные базисные функции

$f(\|X - C_j\|, e)$ и их параметров, а также подобрать веса $\{a_j, j=1, J\}$ и коэффициенты некоторого полинома $p(X)$, чтобы (1) в узлах $\{x_i \in D \subset R^n, i=1, I\}$ обучения RBF как можно в большей степени соответствовал бы $\{f_i \approx f(x_i), x_i \in D \subset R^n, i=1, I\}$. Здесь введены обозначения: $D \subset R^n$ - n -мерная область определения функции; $\{a_j, j=1, J\}$ - набор искомых весов; J - число центров для RBF или количество скрытых нейронов (определяется при вычислительных экспериментах для каждого конкретного случая); $f(\|X - C_j\|, e)$ - радиальная базисная функция с центром в точке C_j ; $C \in \{C_j \in D \subset R^n, j=1, J\}$ - центры радиальных функций; $e \in \{e_g, g=1, G\}$ параметры RBF и настраиваемые при обучении параметры соответствующих вычислительных алгоритмов, G - их общее количество; $\|\cdot\|$ - введенная на R^n некоторая метрика (в большинстве случаев – евклидова метрика); $p(X)$ - многочлен определенной степени. В дальнейшем везде рассматривается ситуация $p(X) \approx const$ и тогда полагается $const \approx a_{J+1}$. Из чего следует увеличение на 1 размерности набора a : $a \approx \{a_j, j=1, J+1\}$, где в зависимости от ситуации на его элементы могут налагаться некоторые ограничения (в частности, сумма элементов полагается равной 0 или 1).

Для построения вязкости были использованы приведенные в [Čížková H., Van den Berg A.P., Spakman W., Matyska C. The viscosity of Earth's lower mantle inferred from sinking speed of subducted lithosphere// Phys. Of the Earth and Plan. Int., 2012, № 1, PP. 1-14] результаты исследований. Аргументами (1) выступает выборка значений плотности, температуры и давления. Тогда значение вязкости следует (2).

$$\log_{10} \eta(\rho, T, P) = C_0 + \sum_{k=1}^4 C_k \exp[\beta_\rho(\rho - \rho_k) + \beta_T(T - T_k) + \beta_{PP} - Pk], \quad (2)$$

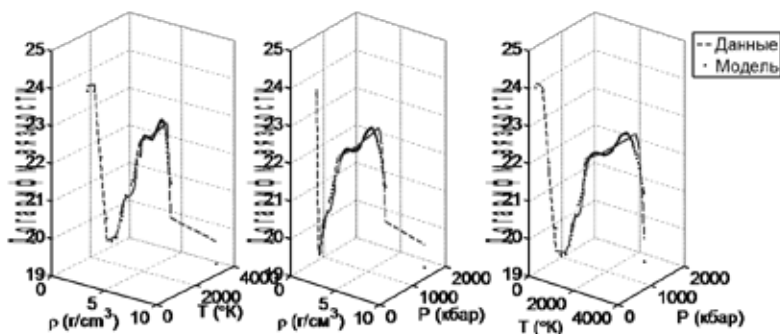


Рисунок 1. Экспериментальное и модельное распределения вязкости.

Численные оценки параметров $C_0=22.413$, $C_1=-3.156$, $C_2=1.298$, $C_3=-2.906$, $C_4=2.452$, $\beta_p=2.111 \times 10^{-2}$, $\beta_T=2.197 \times 10^{-6}$, $\beta_p=8.968 \times 10^{-6}$.

Результаты оценивания приведены на рисунке, из которого следует приемлемая для практики адекватность модели (2) экспериментальным данным.

Abstract. Numerical study of the real dynamics of heterogeneous environments is performed based on the position that it (the substance) adequately corresponds to a medium (Newtonian fluid, Wednesdays Maxwell or Kelvin, etc.) with specific rheological properties. The most important of these is the viscosity of the medium - characteristics of the contact resistance to the movement of some parts of the system relative to the other parts (internal friction). The result of such friction causes, including, for heat dissipation (i.e., power) is consumed in this movement. From which it follows that the viscosity largely determines the spatial and temporal dynamics. Analysis of the nature of the distribution of viscosity is also important for understanding the physical properties of the Earth.

Currently, there is no rigorous theory of viscosity of the systems. Therefore, in practice, a number of widely used empirical and semi-empirical relations, largely reflecting the dependence of the viscosity of individual classes of fluid flow on the temperature, pressure and chemical composition. To estimate the viscosity of a heterogeneous distribution system (here an example of such a system serves the Earth's mantle) apparatus can be used radial basis functions, in which a formal statement of the problem can be written as: given a discrete set of values of a function $\{f_i \circ f(x_i), x_i \in D \subset R^n, i=1, I\}$ should be chosen so dependent on a set of parameters θ ratio

$$F(X, \theta) \approx \sum_{j=1}^J a_j f(\|X - C_j\|, \theta) + p(X), \quad (1)$$

that it $X = \{x_i \in D \subset R^n, i=1, I\}$ is at the most, in terms of certain criteria would meet a specified set. In other words, it takes so choose radial basis functions $f(\|X - C_j\|, \theta)$ and their parameters, as well as pick up some weights $\{a_j, j=1, J\}$ and coefficients of the polynomial $p(X)$ that (1) in the nodes of RBF $\{x_i \in D \subset R^n, i=1, I\}$ learning how to be more in line would be $\{f_i \circ f(x_i), x_i \in D \subset R^n, i=1, I\}$. Here we introduce the notation: $D \subset R^n$ - dimensional domain of the function; $\{a_j, j=1, J\}$ - set

the desired scale J - the number of RBF centers or the number of hidden neurons (defined by computational experiments for each case); $f(\|X - C_j\|, e)$ - radial basis function with center C_j - centers of radial functions; $C^0 \{C_j \in \mathbb{R}^n, j=1, J\}$ RBF and customizable options for training parameters $e^0 \{e_g, g=1, G\}$ of the corresponding computational algorithms G - the total number; $\|0\|$ - entered on a metric (in most cases $\mathbb{R}^n$ - the Euclidean metric); $p(X)$ - a polynomial of a degree. In the future, all dealt with the situation and if it is necessary. It follows an increase of one-dimensional set: where appropriate to its elements may impose certain constraints (such as the sum of elements is equal to 0 or 1).

To build viscosity were used are listed in [Čížková H., Van den Berg A.P., Spakman W., Matyska C. The viscosity of Earth's lower mantle inferred from sinking speed of subducted lithosphere// Phys. Of the Earth and Plan. Int., 2012, № 1, PP. 1-14], the results of research. Arguments (1) acts as sample values of density, temperature and pressure. Then, the viscosity should be (2)

$$\log_{10} \eta(\rho, T, P) = C_0 + \sum_{k=1}^4 C_k \exp[\beta_\rho(\rho - \rho_k) + \beta_T(T - T_k) + \beta_P(P - P_k)], \quad (2)$$

Numerical estimates of the parameters: $C_0=22.413$, $C_1=-3.156$, $C_2=1.298$, $C_3=-2.906$, $C_4=2.452$, $\beta_\rho=2.111 \times 10^{-2}$, $\beta_T=2.197 \times 10^{-6}$, $\beta_P=8.968 \times 10^{-6}$.

The estimation results are shown in the figure, which shows an acceptable practice for the adequacy of the model (2) to the experimental data.

Раздел II

Структура, текстура, стратификация снежной толщи

Part II

Structure, Texture, Stratification of Snow Pack

Результаты исследований характеристик снежного покрова в лавиносборах с разным типом растительности

Д.А. Боброва¹, А.М. Бобров²

*¹ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,
Сахалинский филиал, г. Южно-Сахалинск, Россия;*

*²Филиал ОАО "РЖД" Дальневосточная железная дорога
Центр диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры,
г. Южно-Сахалинск, Россия*

Results of research of characteristics of snow cover in catchment with different types of vegetation

D.A. Bobrova¹, A.M. Bobrov²

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

*²Branch of public corporation "Russian railway" far Eastern railway Center of diagnostics and monitoring of infrastructure devices,
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

В течение двух лет в лавиноопасный период 2011-2013 годов в лавиносборах, расположенных в южной части о. Сахалин на склонах с разным типом растительности выполнены наблюдения за характером снегонакопления, и стратиграфические исследования снежной толщи.

Наблюдения проводились на г. Джамбул (с. Санаторный) и на юго-западном побережье острова Сахалин в Невельском и Холмском районах в лавиносборах, покрытых курильским бамбуком, низкотравьем и древесной растительностью (пихтово-березовый лес) с подстилающей поверхностью из опавших листьев.

Проходку шурфов проводили в течение всего зимнего сезона с момента формирования устойчивого снежного покрова до времени его схода. На стенке шурфа в снежной толще выделяли слои, различающиеся по текстуре, твёрдости и цвету. Затем проводили измерение плотности каждого слоя, температуры снега на границе слоёв, описывали структуру и текстуру слоёв, а также проводили макрофотографирование кристаллов снежной толщи.

Отмечено, что меньше всего снега накапливается в густом елово-пихтовом лесу – 45-55 см; в смешанном хвойно-берёзовом лесу его высота увеличивается до 60-70 см; максимальных значений она достигает в лиственном лесу – 75-95 см. Максимальная высота снежного покрова также отмечена на открытой территории у подошвы склона между лес-

ными полосами, что вызвано дополнительной ветровой тенью деревьями хвойных пород.

На юго-западном побережье острова Сахалин на незалесённой территории холмогорья, покрытой луговой растительностью, высота снежного покрова не превышала 50 см, тогда как в лиственном лесу и на территории, покрытой кустарниковой растительностью, она достигал 70-80 см. В то же время лес предотвращает метелевый перенос снега с наветренных склонов на подветренные и препятствует образованию снежных карнизов в пригребневой зоне.

Проведенные стратиграфические наблюдения за снежной толщей в лавиносборах с разным типом растительности показывают, что скорость перекристаллизации снежной толщи быстрее происходит в лесу, чем на открытой территории – коэффициент перекристаллизации снежной толщи в лесу в 5 раз больше.

Толщина снежного покрова в темнохвойном лесу почти в два раза меньше в сравнении с открытой территорией. При формировании слоёв снежной толщи плотность слагающего их снега в лесу меньше; глубина промерзания почвы меньше, а её гидроморфность выше; температура воздуха в среднем стабильней; отсутствует воздействие солнечной радиации.

Образование кристаллов скелетного класса форм в припочвенных слоях снежной толщи произошло быстрее на участке с низкотравьем, в то время как на участке с курильским бамбуком скорость перекристаллизации меньше.

Возможно, это связано с особенностью курильского бамбука, который под постоянно увеличивающейся толщей снежного покрова пригибается к почве, а его вечнозелёные листья создают сплошной слой, препятствующий поступлению водяного пара из почвы.

Применение логгеров для определения различных свойств снега

К.В. Верховов, С.А. Гулий

ФГБУН СВНИМС ИМЗ СО РАН, г. Магадан, Россия

Application of loggers for definition of various properties of snow

K.V. Verkhovov, S.A. Guliy

SVNIMS IMZ SB RAS, Magadan, Russia

В ходе проведения СВНИМС ИМЗ СО РАН работ по геотермическим исследованиям многолетнемерзлых пород появилась необходимость замеров высоты и теплопроводности снежного покрова для определения его обогревающего действия. Первоначально его высота измерялась по снегомерной рейке, а теплопроводность вычислялась по эмпирической формуле Абельса после определения объемной массы снежной толщи стандартными весовыми снегомерами типа ВС-43. Большое количество точек наблюдений в различных местах рельефа существенно увеличили трудозатраты на проведение геотермических исследований в зимнее время. Было принято решение об автоматизации мониторинга свойств снежного покрова. К сожалению, применение современных приборов (например, на основе лазерных дальномеров) невозможно на не охраняемых площадках. Поэтому было принято решение определять высоту снежного покрова с помощью цифровых датчиков температуры DS1820 установленных на снегомерной рейке через каждые 5 см. Принцип измерения основывается на том, что после того как датчик заносится снегом более чем на 3 см, показания температуры стабилизируются и не имеют перепадов по сравнению с температурой воздуха. Ежеминутно отправляемые на микроконтроллер данные о температурах сравниваются друг с другом и программная часть логгера вычисляет высоту снежного покрова. Для послойного определения плотности снега было предложено на рейку дополнительно установить и тензодатчики, показания которых позволят микроконтроллеру также вычислять теплопроводность снежного покрова для заданной точки по высоте снежного покрова.

В качестве базового был принят промышленный микроконтроллер ATMEGA, способный надежно работать в северных климатических условиях. Подключение цифровых датчиков по технологии ONE wire, позволяющей питать датчик и передавать информацию по общей шине, сделало аппаратную часть логгера более компактной и технологичной.

В настоящее время ИМКЭС СО РАН специально для СВНИМС ИМЗ СО РАН изготавливает логгерные комплексы для определения фактических свойств снежного покрова: высоты, плотности, теплопроводности. Область применения данного прибора не будет ограничена только научными исследованиями. Он также позволит решать такие прикладные задачи, как определение снеговых нагрузок на здания и сооружения или наблюдение за лавиноопасными склонами в режиме online (при наличии GSM соединения).

Стратиграфия и свойства снега в Красной Поляне (район Большого Сочи)

Ю.В. Ефремов

Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия

Stratigraphy and properties of snow in Krasnaya Polyana (the region of Big Sochi)

Yu.V. Efremov

Kuban State University, Krasnodar, Russia

Анализ стратиграфии снежного покрова является важным этапом при его исследовании, т.к. свидетельствует о первичных условиях формирования и дальнейшего развития снежной толщи. При определенных условиях в ней возникают разрыхленные слои (ЛОС), нередко являющиеся причиной схода снежных лавин. Поэтому необходимо знать структурные особенности снежного покрова, на основе которых составляются локальные лавинные прогнозы.

Формирование снежного покрова происходит в сложных погодных условиях. Сценарии трансформации снежной толщи различны в зависимости от его толщины и погодных условий. Общие сведения о динамике снежного покрова представлены во многих работах. Однако региональные особенности механических и физических свойств снега разнообразны и недостаточно изучены.

В данной работе сделан анализ имеющихся данных по стратиграфии снежной толщи за последнее десятилетие, полученных при полевых работах в районе Красной Поляны на северных склонах хребта Аибга. При этом использовались данные снегосъемок, проведенных в бассейне р. Мзымта в 90-е годы прошлого столетия (Ефремов, 2012), а также опубликованные данные по исследованиям Н.А. Казакова, Ю.В. Генсировского (2007), А.А. Олейникова и Н.А. Володичевой (2010).

Установлено, что в указанном регионе трансформация снежной толщи происходит в условиях относительно теплой зимы (температура воздуха от 0 до -10-15°C, продолжительной зимы (5-6 месяцев) и значительной толщине снега (1-5 м). Выпадающий снег в отличие от других районов имеет особые физические и механические свойства, повышенную влажность, температуру снега близкую к 0°C, повышенную плотность (до 0,5 г/см³) твердость (3-4). При этом довольно часто в зимнее время наблюдаются положительные температуры воздуха и частые ее колебания. Рассмотрим некоторые особенности стратиграфии снежной толщи при различных температурных условиях и атмосферных осадках на примере зим 2011-2013 гг.

Первый снег, выпадающий в начале зимы (в конце ноября – декабре), имеет незначительную толщину и, как правило, не превышает 1-го метра. Стратиграфия снежной толщи на начальном этапе сравнительно проста. В шурфе наблюдается однородная снежная масса без видимых прослоек разрыхления и ледяных корок. Далее, по мере накопления снега происходит трансформация снега, которая зависит от температуры воздуха, ветрового режима и от состояния подстилающего грунта. Если выпавший снег ложится на влажный грунт (обычно так и происходит в районе Красной поляны), то в зависимости от температуры воздуха происходит дифференциация снежной толщи на отдельные слои.

При этом наблюдается четкая дифференциация толщи на отдельные горизонты из свежевыпавшего, мелко-, средне- и крупнозернистого снега с малым количеством радиационных, термических и ветровых корок, а также закономерным увеличением плотности снега с глубиной. В шурфах можно увидеть ледяные корки, которые свидетельствуют о промачивании снежной толщи при резком потеплении и последующем похолодании в середине декабря.

Такое усложнение стратиграфии снежной толщи произошло в начале января 2012 г. и в январе-феврале 2013 г. после сильных и продолжительных снегопадов. Толщина снега в гребневой части хребта Аибга достигла 285 см. Здесь, в шурфах отчетливо были видны слои снега с различной зернистостью и разнообразными видами зерен, а также закономерным уплотнением снега от поверхности к основанию снежной толщи. Разрыхленные слои в снежной толще отсутствовали.

При такой стратиграфии снега лавинная опасность в указанный период была незначительной. Дальнейшее накопление снега в феврале-марте происходило по классическому сценарию, т.е. последовательному накоплению снега с разной структурой (от мелкозернистого к крупнозернистому) и увеличению его температуры, твердости и плотности вниз по разрезу.

В таких условиях возникающие незначительные по мощности (5-10 см) разрыхленные лавиноопасные слои (ЛОС) в снежной толще не находили дальнейшего развития и в целом не определяли нарушения устойчивости снежной толщи, которая могла бы привести к возникновению крупных снежных лавин.

В апреле произошло заметное усложнение структуры механических и физических свойств снежной толщи. Вследствие наступившего потепления происходило таяние снега и просачивание воды в нижние горизонты снежного покрова.

В результате инфильтрации воды возникали разрыхленные водонасыщенные слои мощностью от 5 до 15см, которые способствовали сходу мокрых снежных и грунтовых лавин.

При замерзании в шурфах формировались ледяные корки различной толщины. Яркий пример тому – лавины, сошедшие 13 апреля 2012 г. с лавинных очагов из-под гребня хребта на высоте 2200 м. Анализируя стратиграфию снежной толщи в шурфах, можно заметить, что возникали разрыхленные водонасыщенные слои снега. Спусковым крючком для схода снежной лавины послужило резкое потепление, возможно обрушение снежного карниза (при отсутствии видимости).

В мае при устойчивом потеплении продолжалось таяние снежного покрова, активное оседание снега и формирование ледяных корок и водонасыщенных слоев, которые, как и в апреле, способствовали сходу небольших мокрых и грунтовых лавин. Наблюдалось активное таяние снежного покрова с интенсивностью 5-12 см в сутки.

Таким образом, в минувшие две зимы трансформация снежной толщи на северном склоне хребта Аибга протекала по классическому сценарию с последовательным усложнением структуры снега. Вследствие возрастающей ветровой нагрузки при снегопадах и рассмотренных выше температурных условиях процессы конструктивного метаморфизма были ограничены.

Снежная толща развивалась по типу уплотнения (оседания), т.е. в ней преобладали процессы деструктивного метаморфизма. Подтверждением этому является возрастающая плотность и твердость снега по всему разрезу (за некоторым исключением), слабое развитие глубинной изморози и слоев разрыхления (ЛОС).

Скорость изменения структуры, текстуры и плотности снежного слоя

**Н.А. Казаков, И.А. Кононов, Д.А. Боброва, Ю.В. Генсировский,
Е.Н. Казакова, В.А. Лобкина, С.В. Рыбальченко**
ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,
Сахалинский филиал, г. Южно-Сахалинск, Россия

The rate of change of the snow layer structure and texture

**N.A. Kazakov, I.A. Kononov, D.A. Bobrova, Yu.V. Gensirovsky,
E.N. Kazakova, V.A. Lobkina, S.V. Rybalchenko**
Sakhalin Department of Far East Geological Institute FEB RAS,
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Зимой 2013 г. на Южном Сахалине проводились наблюдения за скоростью изменения структуры и текстуры генетически однородного снежного слоя.

Решались следующие задачи: определить скорость изменения класса формы ледяного кристалла, среднего размера кристаллов льда в снежном слое, текстуры и плотности снежного слоя.

Наблюдения проводились ежедневно на снегомерной площадке, расположенной у подножия Сусунайского хребта. Структура снега определялась в соответствии с кристалломорфологической классификацией отложенного снега Э.Г. Коломыца (табл. 1).

С 27 января по 11 марта 2013г. было выполнено 28 снежных шурфов. Измерялись характеристики в трёх снежных слоях, начиная со времени формирования слоя во время снегопада.

Данные о времени формирования снежного слоя и продолжительности наблюдений за его характеристиками представлены в таблице 2.

Данные о скорости формирования и процентному содержанию в слое кристаллов различных форм представлены в таблице 3.

Динамика изменения структуры и плотности слоя, сформированного 8.02.2013, отображена на рисунках 1 и 2.

В результате было установлено:

- ледяные кристаллы гранного класса форм (стадия конструктивного метаморфизма) могут появиться в снежном слое уже через 3 суток после его формирования во время снегопада;
- кристаллы скелетного класса форм (наивысшая стадия развития кристаллов льда в снежной толще) могут сформироваться уже через 8 суток после формирования слоя;

Табл. 1. Структура снега.
Table 1. The structure of snow. Legend

Структура снега. Тип снега и класс формы ледяного кристалла по Э.Г. Коломьцу Structure of snow, type of snow, class of the ice crystals shape. Morphological classification of crystals in snow cover (by E. Kolomytz)				Grain shape classification ("The International Classification for Seasonal Snow on the Ground")	
Символ Symbol	Класс формы ледяного кристалла Type of snow – Class of the ice crystals' shape	Тип метаморфизма Dry metamorphic type	Стадия метаморфизма Dry metamorphic stage	Символ Symbol	Подкласс Subclass
Изоморфный <i>Isomorphie</i>					
⊗	Коррозивно-полиэдрический (метелевый) Corrasion polyhedral	Not applicable	Not applicable	У v	RGwp DFbk
⋮	Режеляционно-полиэдрический Regelation polyhedral			L M	MFcl MFpc
Первично-идиоморфный <i>Primary-idiomorphic snow</i>					
×	Режеляционно-полиэдрический New snow			All of PP	PP
1	Обломочный Decomposed precipitation particles		Деструктивная Destructive	u	DFdc
∅	Полиэдрический (small rounded particles)	Округление Rounding		w x	RGsr RGlR
Вторично-идиоморфный <i>Secondary-idiomorphic snow</i>					
■	Гранистый плоский Faceted planar	Сублимационный Sublimation	Конструктивная Constructive	c	FCxr

	Гранистый столбчатый Faceted columnar
	Полускелетный плоский Semiskeletal planar
	Полускелетный столбчатый Semiskeletal columnar
	Скелетный плоский Skeletal planar
	Скелетный столбчатый Skeletal columnar
	Секториальный Sectorial
	Пластинчатый Plate-like

- столбчатая текстура формируется в слое через 9 дней после формирования слоя.

Таким образом, лавиноопасные слои в снежной толще (выполненные кристаллами полускелетного и скелетного классов форм), существенно снижающие устойчивость снежной толщи и резко увеличивающие вероятность формирования лавин, могут возникать через 8 – 10 суток после снегопада. Также наблюдается тенденция к постепенному уплотнению слоя.

Abstract. In winter 2013 on South Sakhalin observations were made for the rate of change of the snow layer structure and texture.

Had the following objectives: to determine the rate of change of ice crystals shapes, the average size of ice crystals in the snow layer, texture and density of the snow layer.

The observations were made on snow-site, located at the foot of the Susunay Ridge. The structure of the snow determined in accordance with the morphological classification of crystals in snow pack by E. Kolomytz (Table 1).

From January 27 to March 11, 2013 were performed 28 snow pits. Characteristics were measured from three snow layers, starting from the time of layer formation after snowfalls.

Data on the time of formation and duration of snow pack observations are presented in Table 2.

Data about generation rate and the percentage of crystals shapes in the layer are presented in Table 3

Dynamics changes of a structure and density of the layer formed 08.02.2013 is visible in Figures 1 and 2.

As a result, it was found:

Ice crystals of faceted shapes (stage of constructive metamorphism) may appear in a snow layer within 3 days after its formation;

Ice crystals of skeletal shapes (the highest stage of constructive metamorphism of ice crystals) can be formed within 8 days after the formation of the layer;

Columnar texture formed in the layer within 9 days after the layer formation.

Also, there is a tendency to gradual layer compaction.

Табл. 2. Дата формирования слоя и продолжительность наблюдений за его характеристиками
Table 2. Date of layer formation and the duration of observation of its characteristics

Дата формирования слоя во время снегопада Date of forming of layer during a snow-fall	Продолжительность наблюдений за изменением характеристик слоя, сутки Duration of supervisions after the change of descriptions of snow layer, days
29.01.2013	9
4.02.2013	24
8.02.2013	28

Табл. 3. Скорость изменения структуры снега.
Table 3. Rate of change of the snow microstructure

Класс формы ледяного кристалла Class of the ice crystals' shape	Скорость возникновения кристаллов данного класса форм после снегопада, сутки Range of ages from the layer formation, day	Содержание в слое ледяных кристаллов классов форм, % Table of contents in the layer of ice crystals of classes of shapes, %
	3-7	30-80
	8-11	15-63
	8-16	7-15
	19	10
	20	14

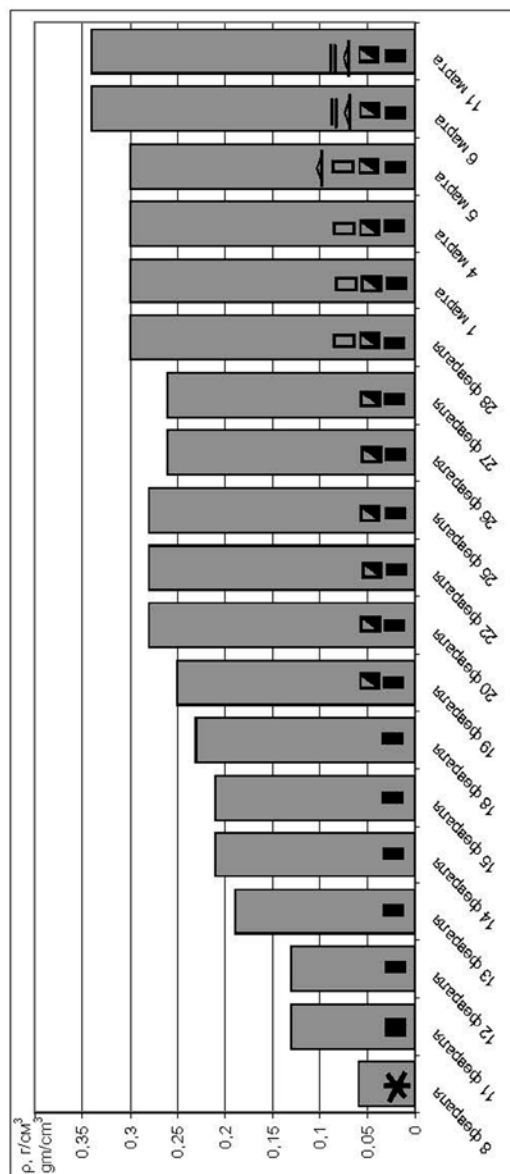


Рис. 1. Развитие форм кристаллов и изменение плотности снежного слоя
(дата формирования снежного слоя 8.02.2013)
Fig. 1. The change of crystals forms and the change of the snow layer density
(the date of the snow layer formation 08/02/2013)

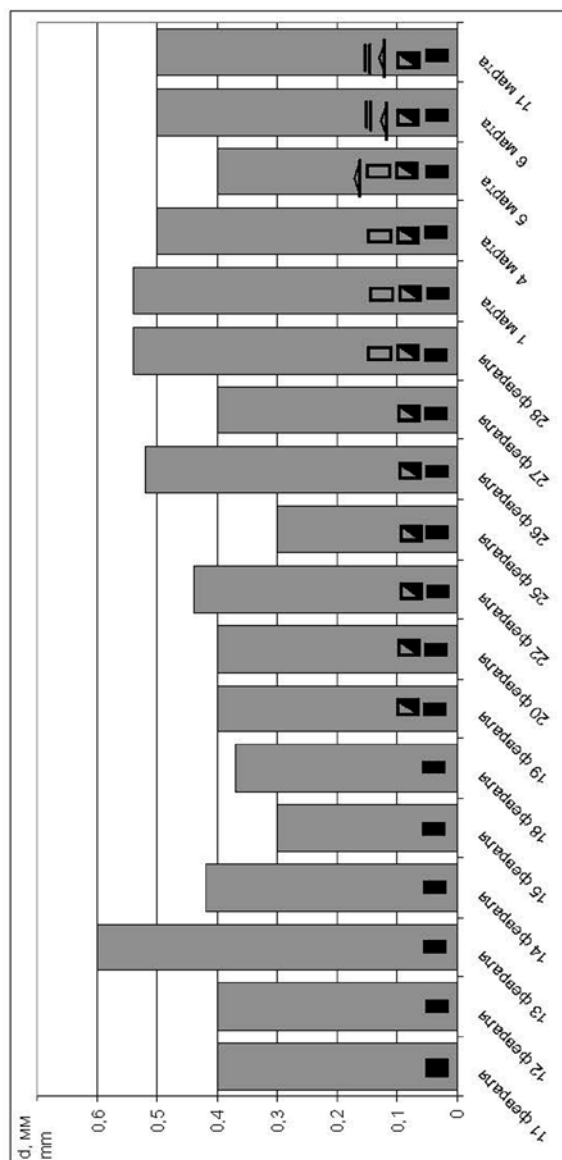


Рис. 2. Развитие форм кристаллов и изменение среднего размера кристаллов
(дата формирования снежного слоя 8.02.2013)

Fig. 2. The change of crystals forms and the change of the average crystal size
(the date of the snow layer formation 08/02/2013)

Некоторые результаты применения георадиолокации в снегомерных съемках на озерах (на примере о. Дачное, г. Якутск)

К.И. Кайгородов

*ФГБУН Институт горного дела Севера им. Н.В.Черского СО РАН,
г. Якутск, Россия*

Some results of the applying georadiolocation in the snow-shooting on lakes (for example, Dachnoe Lake, Yakutsk)

K.I. Kaygorodov

Mining Institute of the North SB RAS, Yakutsk, Russia

К настоящему времени в Республике Саха (Якутия) на сегодняшний день существует около ста крайне неравномерно распределенных снегомерных пунктов, по которым строится карта снегозапасов на территории республики. На один пункт наблюдений в среднем приходится территория с площадью около 34,5 тыс.км², что в одиннадцать раз больше, чем площадь территории, приходящейся на один пункт наблюдений в целом по России. Вследствие этого, гидрологическая изученность территории Якутии является крайне низкой, где каждый весенний период года происходят опасные половодья, которые наносят значительный экономический ущерб и, несмотря на это, количество снегомерных пунктов в республике не увеличивается. Для увеличения количества снегомерных пунктов мы предлагаем в качестве них использовать некоторое количество озер, которых в Якутии насчитывается более 723 тысяч, и, при введении коэффициента соответствия, применительно к лесным территориям, прилегающим к ним, достоверность оценки снегонакопления в бассейнах рек увеличится. Использование озёр объясняется тем, что в качестве снегомерного инструмента мы используем георадиолокатор, на который распространяются теоретические предпосылки определения плотности и мощности снежного покрова, расположенного на какой-либо однородной по структуре среде. Единственной такой средой является ледяной покров стоячего водоёма, у которого электрофизические свойства до начала весеннего таяния постоянны по глубине и азимуту, что является необходимым условием применения георадиолокации в снегомерных съёмках.

Для изучения возможностей применения георадиолокации в снегомерных съемках на озёрах, весной 2013 г. (до начала таяния снежного

покрова) были проведены работы на о. Дачное расположенном в лесном массиве в 15 км от г. Якутска.

В качестве аппаратуры измерений применялись георадиолокатор серии «ОКО-2» с антенным блоком со спектром частот 700 МГц (АБ700) фирмы ООО «Логис» (Россия) и весовой снегомер ВС-43. По озеру овальной формы проведен комплекс измерений, включающий пять георадиолокационных профилей (два продольных и три поперечных) с длиной в среднем по 237 м каждая. Георадиолокационная съёмка снежного покрова проведена в непрерывном дистанционном режиме – прибор поднимался на высоту ~2 м. В 86 точках, отстоящих на расстоянии в среднем на 15 м друг от друга и расположенных по траектории данных профилей, произведены снегосъёмки с помощью весового снегомера. Таким путём с помощью одновременно двух принципиально различных методов получены данные о значениях плотности и мощности снежного покрова.

По специально разработанной нами методике расчёта значений параметров снежного покрова, используя данные дистанционной георадиолокации, таких как время прохождения электромагнитного импульса через слой снежного покрова и амплитуды отраженных сигналов от нижней и верхней границ снежного покрова определено, что мощность снежного покрова по снегомерным точкам составляет 0,17-0,31 м, а плотность в среднем по профилям – 0,186-0,235 г/см³.

Сравнительный анализ, полученных двумя методами данных о параметрах снежного покрова показал, что расхождение в результатах этих двух методов по мощности составляет до 13% (по результатам обработки 40% данных), а по плотности до 25%.

Результаты выполненных работ позволяют сделать вывод о том, что применение георадиолокатора в снегомерных съёмках снизит трудоёмкость и повысит оперативность процесса снегомерных работ, например, если прибор будет установлен на снегоход.

Материал подготовлен при поддержке гранта РФФИ (проект 12-05-31390).

Структурно-эволюционный полиморфизм снежного покрова

Э.Г. Коломыц

*ФГБУН Институт экологии Волжского бассейна РАН,
лаборатория ландшафтной экологии, г. Пушchino, Россия*

Structural-evolutionary polymorphism of snow cover

E.G. Kolomyts

*Institute of ecology of the Volga basin RAS, laboratory of landscape
ecology, Pushchino, Russia*

Представление о геосистемах как полиструктурных и полихронных природно-территориальных образованиях приобрело конкретные черты более 20 лет назад. К настоящему времени оно приобрело вид рамочной концепции, в которой наиболее важны два положения: 1) об относительной независимости геокомпонентов и образуемых ими геопотоков и геополей; 2) о множественности вариантов автохтонного поведения геокомпонентов, создающих на каждом иерархическом уровне наложенные разнокачественные структуры. Идея полиморфизма начинает проникать и в отраслевые направления физической географии, в том числе и в снеговедение

Идеологической основой полиморфического анализа структуры снежного покрова является его трактовка как *дискретной иерархически организованной системы сообществ растущих и растворяющихся кристаллов*, взаимодействующих между собой и с окружающей средой. В свете фундаментального принципа симметрии–диссимметрии Пьера Кюри развитие структуры снега представляет собой необратимый во времени процесс, который состоит из последовательных этапов суперпозиции (наложения) на кристаллохимическую (гексагональную) симметрию льда как минерала (генотип) диссимметрии векторного гидротермического поля снежной толщи, а также поля релаксации в ней механических напряжений. В результате формируется генетически единая цепь реальных (вынужденных, ложных) кристаллических форм (фенотипов, с симметрией тригональной, ромбической, моноклинной и триклинной) как способа приспособления растущих кристаллов к условиям среды.

Автором разработана эмпирическая детерминированная модель, описывающая эволюционный незамкнутый сублимационно-метаморфический цикл сезонного снежного покрова, с тремя поли-

морфными вариантами этого цикла – плоским, столбчатым и смешанным. Цикл состоит из трех периодов метаморфизма: деструктивного (I, подготовительного), конструктивного (II, восходящего экспоненциального) и регрессивного (III, нисходящего асимптотического). Эти периоды включают девять *стадий* роста и последующего разрушения кристаллов: обломочную стадию (I₁), полиэдрическую (I₂), стадии плоских (II₁, ■) и столбчатых (II₂, ▮) гранных призм, полускелетную (II₃, ▤) и скелетную (II₄, ▥) стадии, секториальную (III₁, ≡), пластинчатую (III₂, ═) и, наконец, сублимационно-фирновую стадию (III₃). Кристаллы в каждой стадии роста дают соответствующие *классы форм*, а плоский и столбчатый варианты каждого класса – *типы форм*. Аналогичные этапы эволюции, обозначаемые как *фазы метаморфизма*, проходит и каждый генетический снежный горизонт (СГ). Обобщенной кристалломорфологической характеристикой СГ служит мера его ситуативной неупорядоченности $P\bar{u}$, отображающая удаленность горизонта от некоторого эталонного состояния, с господством скелетных кристаллов.

Общие представления о степени деформации видимой симметрии кристаллов в СГ дает моно-триклинный коэффициент K_{MT} как доля плоских типов кристаллов в общей массе их классов II₃, II₄ и III₁. На основе информационных мер симметричной сложности (негэнтропии) кристаллов различных подгрупп и видов симметрии, а также их вероятностей в данном СГ рассчитывается коэффициент симметричного разнообразия кристаллических форм, K_D . В информационных единицах представлена также относительная мера R организации горизонта. Наконец, интегральной макроструктурной характеристикой СГ, отображающей общую степень его перекристаллизации, является мера связи I_{xy} двух основных признаков: классов и типов форм кристаллов (x) и подгрупп и видов их геометрической симметрии (y).

В основе полиморфического анализа любого геопространства лежат представления о преобладании в биосфере не строго функциональных, а стохастических связей, с принципиально вероятностным характером географического детерминизма. Качественная определенность и величина проявления той или иной комплексной или парциальной геосистемной структуры выражается *теснотой связи* между компонентами, слагающими эту структуру, а также *степенью их взаимной конформности (эквивалентности)*. В структурном снеговедении явление полиморфизма может быть установлено с помощью количественных мер связности и эквивалентности различных структурно-текстурных характеристик (признаков) снежной толщи, а также соответствующих меха-

нических свойств снега по генетическим горизонтам из различных снежных разрезов изучаемой территории.

Опыт такого анализа проведен автором по материалам его стационарных наблюдений, проведенных зимой 1976/77 г.г. в низкогорном районе Нижнего Приамурья (хр. Мяо-Чан, южные отроги Баджальского хребта). Пять опытных площадках охватывали высотно-поясное, соллярно-экспозиционное и фитоценологическое разнообразие низкогорья – от днищ речных долин с лиственнично-темнохвойными лесами до перевалов с зарослями кедрового стланика. Для анализа были взяты 26 генетических горизонтов из снежных разрезов, полученных в конце зимы (21 марта – 4 апреля). Все 16 геокомпонентных признаков СГ были объединены в пять блоков (см. рис. 1 и таблицу): А) исходных пространственно-временных условий (факторов); В) локальной кристаллообразующей среды (термико-динамический блок); С) кристалломорфологический; D) кристаллосимметричный; Е) показатель общих межблочных связей. На основе матрицы исходных данных “Snow-000” создавалась матрица “Snow-100”, где эти данные выражались в баллах. Расчет *единого показателя межкомпонентной эквивалентности* $K_{ij}(1)$ для множества признаков (в их бинарных отношениях) производился с использованием методов теорий информации и дескриптивных («размытых») множеств. Этот показатель характеризует сходство пространственного распределения двух признаков структурного состояния СГ по сочетаниям их различных микросостояний. В определенном смысле $K_{ij}(1)$ *есть мера упорядоченности и относительной равновесности моносистемной структуры снежного горизонта, т.е. мера его целостности.*

Полученная информационная модель (рис. 1) отображает *систему основных каналов связей (цепных реакций)* между признаками состояния СГ. По ней прослеживаются основные и второстепенные направления передачи внешних и/или внутренних сигналов, а также относительные скорости их распространения.

Например, потепление или похолодание, вызывающие изменение параметров t_{cp} и $\Delta t/\Delta z$, оказывают сравнительно слабое влияние на динамику кристалломорфологического блока. Гораздо более сильным является фактор возраста (τ) генетического горизонта, который оказывает прямое воздействие на всю возрастную генерацию растущих кристаллов и на K_{MT} , минуя промежуточный блок термико-динамических параметров. Налицо – доказательство эволюционного характера сублимационного метаморфизма снега как процесса, в значительной мере автономного от внешних условий.

Следует отметить также исключительно важную роль метрического

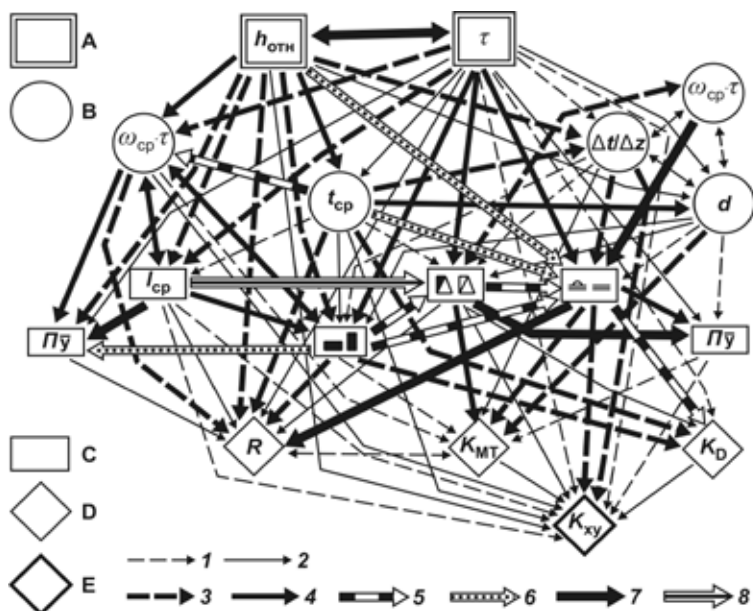


Рисунок 1. Общая информационно-статистическая модель структурно-эволюционной организации снежной толщи.
A–E – геокомпонентные (параметрические) блоки (см. в тексте).

Нормированные коэффициенты сопряженности признаков:
 1 – 0,100–0,150; 2 – 0,151–0,200; 3 – 0,201–0,250; 4 – 0,251–0,300;
 5 – 0,301–0,350; 6 – 0,351–0,400; 7 – 0,401–0,450; 8 – 0,451–0,550.

Признаки: $h_{отн}$ – относительная высота СГ (по его верхней границе); $t_{ср}$ и $\Delta t/\Delta z$ – средняя температура и температурный градиент;

$\omega_{ср}\tau$ – компрессионное сжатие горизонта во времени.

роста кристаллов ($l_{ср}$) в переходе их от гранных возрастных стадий к скелетным. Развитие скелетной фазы, обусловленное достижением первой возрастной генерации кристаллического сообщества определенных критических значений $l_{ср}$, в свою очередь, оказывает решающее влияние на меру $\Pi_{\bar{y}}$ ситуативной неупорядоченности горизонта.

Эквивалентность структурно-функциональных признаков снега (матрица “Snow-200”, см. таблицу) во многом идентична общим информационным мерам их прост-ранственной сопряженности. Качественно новые результаты были получены при расчетах осредненных межблочных отношений эквивалентности $K_{ij}(2)$, которые характеризуют наиболее существенные системообразующие связи между полностью или относительно независимыми структурными характеристика-

ми в снежных горизонтах. Кластеризации этих связей (рис. 2) привела к выделению трех основных парциальных структур горизонтов снежной толщи (трех их геосинэргических ядер), с максимальными значениями $K_{ij}(2)$. Эти структуры следующие: 1) *морфолого-возрастная* (связка А–С, с усложнением АС–В); 2) *симметрично-возрастная* (А–D, с усложнением AD–С); 3) *термико-динамико-возрастная* (А–В, с усложнением АВ–С). Первая структура свойственна средним (по высоте и возрасту) горизонтам снежной толщи и в обобщенном виде всему вертикальному профилю, вторая припочвенная – наиболее старым слоям снега, третья – верхним, наиболее молодым слоям.

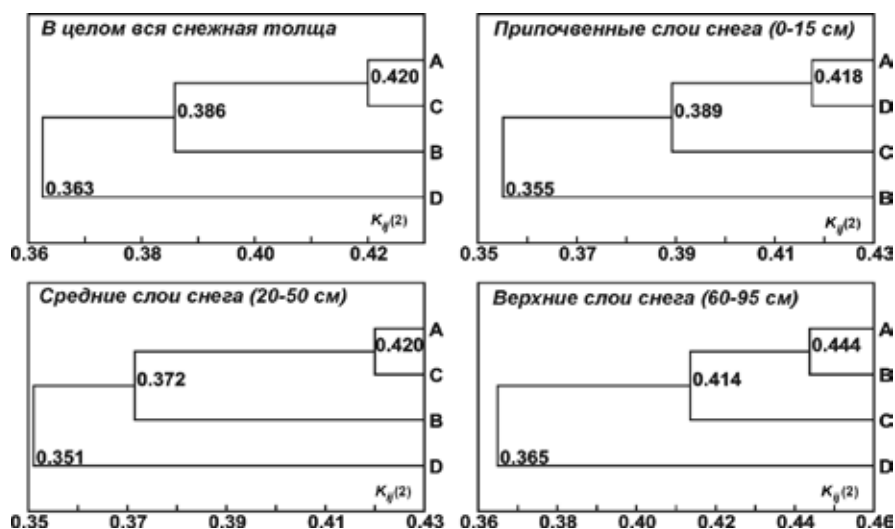


Рисунок 2. Кластер-дендрограммы эквивалентности параметрических блоков (групп признаков состояния) снежной толщи в целом, а также ее различных высотных «этажей».

Кластер-дендрограммы наглядно демонстрируют некоторые принципиальные особенности сублимационного метаморфизма снега. Термико-динамико-возрастная парциальная структура (А–В, АВ – С), которая отображает прямое влияние внешних гидрометеорологических условий на температурный режим и кристалломорфологию снега, может быть отнесена к системной организации только верхнего «этажа» снежной толщи. Гораздо в меньшей степени она характеризует результаты метаморфизма средних по высоте горизонтов. В припочвенных же слоях

Хр. Маю-Чан. Подтопленный полк, заросли кедрового сплава. Зима 1976/77 г.г. Протяженный слой снега (0-3 см). Матрица "Snow-200" значений параметра K_{ij} между различными признаками состояния данного снежного горизонта

Признаки	Блок А		Блок В				Блок С					Блок D			Блок E	
	τ	d	$\omega_{\eta} \hat{\alpha}$	t_{η}	$\Delta t / \Delta x$	l_{op}	Δl			$\triangle =$	Π_{ij}	K_{Σ}	R	K_0	K_{ij}	K_{ij}
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	16
2	1.000	0.250	0.500	0.500	0.250	0.182	0.500	0.364	0.200	0.571	0.250	0.400	0.444	0.444	0.286	0.286
3	0	1.000	0.250	0.250	0.250	0.182	0.500	0.364	0.200	0.286	0.250	0.200	0.222	0.222	0.286	0.286
4	0	0	1.000	0.750	0.250	0.364	0.500	0.182	0.400	0.571	0.250	0.200	0.667	0.667	0.571	0.571
5	0	0	0	1.000	0.250	0.364	0.500	0.364	0.400	0.571	0.250	0.200	0.667	0.667	0.571	0.571
6	0	0	0	0	1.000	0.182	0.250	0.182	0.200	0.286	0.250	0.400	0.222	0.222	0.286	0.286
7	0	0	0	0	0	1.000	0.364	0.143	0.923	0.400	0.545	0.462	0.333	0.333	0.400	0.400
8	0	0	0	0	0	0	1.000	0.364	0.400	0.571	0.250	0.200	0.444	0.444	0.571	0.571
9	0	0	0	0	0	0	0	1.000	0.154	0.200	0.182	0.154	0.333	0.333	0.200	0.200
10	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000	0.444	0.600	0.500	0.364	0.364	0.444	0.444
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000	0.286	0.444	0.750	0.750	0.667	0.667
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000	0.400	0.222	0.222	0.286	0.286
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000	0.364	0.364	0.444	0.444
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000	1.000	0.500	0.500
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.500	0.500
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000	1.000

Примечание. Повышенные значения меры связей (K_{ij} более 0,500) обозначены жирным шрифтом, застреленные же значения (K_{ij} более 0,750) – дополнены подчёркиванием. Курсивом обозначены слабые связи (K_{ij} не более 0,200). Остальные связи – умеренные.

формируется, причем с наибольшими значениями $K_{ij}(2)$, совершенно иная парциальная структура – симметрично-возрастная ($AD - C$), где роль факторов блока В сводится к минимуму.

Полученные на эмпирической основе результаты структурно-эволюционного моделирования снежных горизонтов – одно из свидетельств методической некорректности прогнозирования лавинной опасности по известной модели SNOWPACK, которая оперирует по существу только третьей парциальной структурой, неоправданно распространяя ее на всю снежную толщу.

Автоматизированное определение типа текстуры отдельного слоя снежной толщи по фотографиям участков стенки снежного шурфа

И.А. Кононов И.А.

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

Automated detection of the texture type of snow cover layer from photographs of the wall portions of the snow pit

I.A. Kononov

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

В работе предлагается методика определения типа текстуры снежного слоя по фотоснимкам участков стенки снежного шурфа.

Признаковое описание текстуры снежного слоя даётся на основе анализа бинаризованных фотографий, на которых белым областям соответствуют кластеры кристаллов льда, чёрным – поровое пространство между кластерами. В качестве числовых признаков берутся относительная площадь кластеров, число связных компонент, средний относительный периметр связных компонент, стандартное отклонение от среднего относительного периметра, средняя относительная площадь связных компонент, стандартное отклонение от средней относительной площади.

Для более детального описания указанные характеристики вычисляются как средние значения по нескольким бинаризациям исходной фотографии, с варьированием порога бинаризации в некоторой окрестности ϵ начального порога T (вычисленного методом Отсу), с некоторым шагом t .

Кроме того методом случайного выбора с адаптацией были подобраны оптимальные комбинации предварительных преобразований фотографий из числа алгоритмов эквализаций гистограммы изображения и цифровых фильтров.

Оценка информативности данных признаков проводилась с помощью трёх алгоритмов бинарной классификации: SVM (машина опорных векторов), GBT (деревья градиентного спуска), RTF (случайный лес деревьев). Обучение и тестирование данных алгоритмов проводилось на выборке из 1650 фрагментов фотографий стенок снежных шурфов.

В итоге был разработан алгоритм определения типа текстуры снежного слоя по фотографии соответствующего участка стенки снежного шурфа. Алгоритм включает два бинарных классификатора. Первый классификатор принимает решение, является ли фотография фотографией монолитной текстуры. При отрицательном ответе второй классификатор решает, является ли фотография фотографией столбчатой или волокнистой текстуры.

На основе данного алгоритма на языке программирования C# (с применением открытой библиотеки компьютерного зрения OpenCV) была разработана программа для распознавания текстуры снежного слоя. Программа использовалась в работе лаборатории лавинных и селевых процессов сахалинского филиала ДВГИ в зимний сезон 2012/2013 гг. По итогам сезона было проведено сравнение результатов работы программы с экспертной оценкой текстуры снежной толщи. Всего было отобрано 520 фотографий участков стенки снежного шурфа. При этом программа показала 4% ошибок.

Особенности формирования и строения снежного покрова в Москве зимой 2012/13 гг.

В.В. Литвиненко¹, М.Н. Петрушина², Д.М. Фролов²

*¹Московский государственный гуманитарный университет
им. М. А. Шолохова, г. Москва, Россия;*

²Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, географический факультет, г. Москва, Россия

Features of formation and stratigraphy of snow cover in Moscow in 2012/13

V.V. Litvinenko¹, M.N. Petrushina², D.M. Frolov²

¹Moscow state humanitarian University, Moscow, Russia;

²Moscow state University, faculty of geography, Moscow, Russia

Цель проведенных исследований – выявление особенностей распространения и стратиграфии снежного покрова в разных геосистемах г. Москвы зимой 2012/13 гг.

Зимний сезон (ноябрь – март) изучаемого года был холоднее по сравнению с предыдущими. Средняя температура воздуха составила $-5,18^{\circ}\text{C}$, тогда как в 2011/12 гг. она была всего $-4,17^{\circ}\text{C}$, а в 2010/11 гг. – $-5,07^{\circ}\text{C}$, однако это теплее, чем среднее за 1960-1990 гг. ($-5,44^{\circ}\text{C}$). Суммарные осадки зимнего периода 2012/13 гг. составили 297,4 мм, что превысило их значения в предшествующие две зимы – 271,9 мм и 263,7 мм соответственно, и особенно среднее за 1960-1990 гг. (220,9 мм).

Устойчивый снежный покров на территории г. Москвы образовался 27 ноября, что соответствовало климатическим срокам. Рост мощности в течение зимнего сезона можно охарактеризовать, как равномерный с небольшими спадами. Средняя высота снежного покрова в феврале составила 42,9 см, что значительно выше, чем в феврале 2012 г. (27,9 см), но меньше, чем в феврале 2011 г. (49 см), и больше в сравнении со средним за период 1960-1990 гг. (36,2 см). Наибольшей мощности снежный покров достиг 26 марта. На метеостанции Москва (ВВЦ) в этот день было зафиксировано значение в 77 см, что всего на один сантиметр меньше многолетнего максимума. С начала залегания до момента максимального снегонакопления выпало 243 мм осадков. Полностью снежный покров сошел лишь 17 апреля 2013 г.

Изучение снежного покрова в разных геосистемах на территории Главного Ботанического сада в конце марта выявило, что в целом стратиграфические колонки схожи, например, везде выделяются пять или шесть слоев, разделенных корками, однако их высота и структура не-

сколько отличаются. Так, в березовом лесу шесть слоев сложены преимущественно крупно- и среднезернистым снегом с большим количеством ледяных корок, две из которых имели двойную структуру, разделенную тонкой прослойкой снега.

В сосновом лесу было также шесть слоев из преимущественно средне- и мелкозернистого снега, разделенных ледяными корками. В снегу также были обнаружены снежно-ледяные комки, попавшие, по-видимому, с ветвей деревьев. В сосновом лесу плотность составила $0,324 \text{ г/см}^3$, а водозапас – 196 мм.

Снежный покров в еловом лесу имел такую же высоту, как в сосновом лесу (что обычно не характерно), но включал большее количество слоев, сложенных крупно-, средне- и мелкозернистым снегом и разделенных шестью ледяными корками. Также в трех слоях было отмечено большое количество ледяных кристаллов, смерзшихся в конгломераты. В связи с этим плотность снега в еловом лесу была больше, чем в сосняке – $0,342 \text{ г/см}^3$, а водозапас достигал 209 мм.

В снежном покрове на поле, состоявшем из шести слоев крупно-, средне- и мелкозернистого снега, было пять корок. Характерной чертой данного разреза являлось наличие относительно мощного слоя, сложенного крупными оgranными ледяными кристаллами, а также то, что мощные ледяные корки здесь располагались сверху, а в глубине прослеживались лишь небольшие корочки. Также интересно было отметить, что высота снега в поле и в березовом лесу была практически одинакова. Измеренная плотность снежной толщи в поле составила $0,358 \text{ г/см}^3$ и водозапас – 236 мм.

Изменение структуры разновозрастного снежного слоя в стратиграфическом комплексе

В.А. Лобкина

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

Restructuring of coeval snow layer in stratigraphic complex

V.A. Lobkina

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

В ходе процесса формирования снежного покрова и его стратификации внутри снежной толщи создаются условия, влияющие на скорость изменения структуры и размера ледяного кристалла.

Помимо внутренних условий, создающихся в снежной толще, большое влияние на процессы влияющие на смену структуры снежного кристалла оказывают факторы внешней среды. Совокупность факторов внешней среды позволяет выделить стратиграфические комплексы снежного покрова, в которых на определенных ландшафтах в сходных условиях формируются однотипные спектры стратиграфических колонок.

Для проведения наблюдений за изменением структуры разновозрастного слоя был заложен разрез протяженностью 90 км проходящий по Сусунайской низменности от пос. Стародубское (восточное побережье о-ва Сахалин, Охотское море) до г. Корсаков (южное побережье о-ва Сахалин, Охотское море, зал. Анива). На разрезе было заложено 7 точек, на которых проводились наблюдения за стратиграфией снежной толщи (рис. 1).



Рисунок 1.
Схема расположения
точек наблюдения.

Наблюдения производились в стратиграфическом комплексе характеризующимся умеренно перекристаллизованной снежной толщей.

После прохождения циклона 14–18.01.2011 над территорией Сусунайской низменности на всех точках был сформирован снежный слой (траектория движения циклона с юга на север, преобладающее направление ветра – северное). По прошествии 25 суток, на точках были произведены стратиграфические наблюдения в сформированном слое.

Точки отбора проб на разрезе располагались на субгоризонтальной поверхности, в подстилающей поверхности преобладала травянистая растительность. На точках 1, 2, 6, 7 почва талая, 3-5 – мерзлая. Минимальное расстояние от нижней границы слоя до поверхности почвы на точке 1 – 19 см, при общей высоте снега – 40 см; максимальное на 3 точке – 57 см, при общей высоте снега – 111 см. Средняя плотность снега в слое составила 250 кг/м³, текстура снежного слоя - столбчатая.

Изучение структуры снежной толщи производилось по методике Э.Г. Коломыца и разработкам СФ ДВГИ ДВО РАН. В слое определялась форма кристаллов по кристалломорфологической классификации отложенного снега Э.Г. Коломыца, в которой стадии сублимационного метаморфизма снежной толщи описаны в зависимости от структуры снега.

Производилось измерение плотности слоя, замерялась температура на контактах, определялась средняя высота снежной толщи.

Из слоя сформированного снегопадом 14–18.01.11 на всех точках были отобраны кристаллы, для которых были определены размер и форма. Основу структуры снежного покрова составляли вторично-идиоморфные кристаллы. Морфометрические характеристики эти кристаллов позволили определить влияние внешних условий на скорость роста кристаллов находящихся в одном стратиграфическом комплексе (рис. 2).

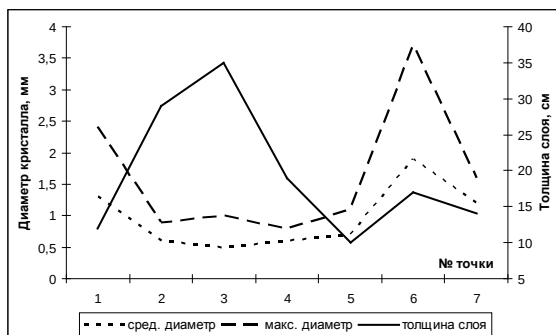


Рисунок 2. Соотношение диаметра ледяных кристаллов и толщины снежных слоев.

В результате наблюдения было выявлено, что:

1) скорость роста диаметра кристаллов в снежной толще находится в зависимости от толщины снежного слоя (рис. 2), чем меньше толщина снежного слоя, тем больше средний и максимальный диаметр кристалла, т.к. при малой высоте снежной толщи больший градиент температуры, обуславливающий скорость роста ледяных кристаллов;

2) скорость метаморфизма снежного слоя в береговых шурфах (точки 1, 6, 7) выше, чем на точках удаленных от берега, что можно объяснить большей гидроморфностью фации на которой они расположены;

3) за 25 суток слой сформированный одним снегопадом перешел в стадию конструктивного метаморфизма (основу структуры составляют кристаллы скелетного класса);

4) полученные данные о скорости роста диаметра кристаллов позволяют судить о скорости метаморфизма отдельно взятого слоя в различных ландшафтных зонах.

Анализ скорости метаморфизма в стратиграфических комплексах юга о. Сахалин позволяет выявить отношение изменения скорости роста кристаллов в снежной толще при прочих равных условиях.

Динамика характеристик снежного покрова в Прибайкалье во второй половине XX и начале XXI веков

Ш.К. Лохов, Н.Н. Воронин

*ФГБУН Институт Географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
г. Иркутск, Россия*

Performance characteristics of snow in the Baikal Region in the second half of the XX and early XXI century

Sh.K. Lokhov, N.N. Voronin

Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia

Прибайкалье – регион, обладающий весьма выраженными контрастами в распределении и режиме снежного покрова. В последние десятилетия XX столетия зафиксировано глобальное потепление климата, что отразилось на ряде климатических показателей, в том числе и на снежном покрове. Сведения об этих показателях в качестве эмпирического базиса необходимы для выполнения метеорологией своих основных функций: наблюдения, обработки, анализа и прогноза.

В данной работе проанализирован материал, касающийся пространственно-временной изменчивости высоты снежного покрова за 49 лет (1961-2009), учитывались все ежегодные измерения, проводимые с 1 октября по 30 апреля на 11 станциях Прибайкалья. Использовалась информация по высоте и продолжительности залегания устойчивого снежного покрова, даты образования и разрушения, температура воздуха и сумма осадков холодного периода года. Данные были взяты в Иркутском УГМС-ц.

11 станций Прибайкалья: Баргузинский заповедник, Байкальск – станции восточного побережья озера Байкал; Большой Ушканий – станции, расположенная на острове Байкала; Большое Голоустное, Еланцы, Исток Ангары, Култук, Сарма, Солнечная, Узур, Хужир – станции, расположенные на западном побережье Байкала.

Периоды уменьшения высоты снежного покрова на станциях восточного побережья отмечались с зимы 1960-1961 года по 1971-1972 год и с зимы 2000-2001 года до 2009 года. Тенденция к увеличению этих величин видна с зимы 1972-1973 года по зиму 1999-2000 года. Для станций западного побережья характерно увеличение высоты снежного покрова с зимы 1960-1961 года по зиму 1999-2000 года, а уменьшение его величин видно с зимы 2000-2001 года по 2009 год.

Прибайкалье относится к числу районов России с устойчивым снежным покровом. При средней по региону дате его образования 24 ноября и разрушении 27 марта, продолжительность периода его залегания в среднем составляет 138 дней. Наиболее короткий период залегания снежного покрова на станции Хужир (106 дней). Также небольшая продолжительность отмечается в Сарме (107 дней) и Солнечной (109 дней). Наиболее длинный период на станции Баргузинский заповедник (194 дня), почти такой же у Байкальска (181 день) (рисунк 1). Очаги наибольшей продолжительности залегания устойчивого снежного покрова соответствуют районам, где в течение зимы накапливается наибольшее количество снега, вследствие различных причин (рельефа и т.д.)

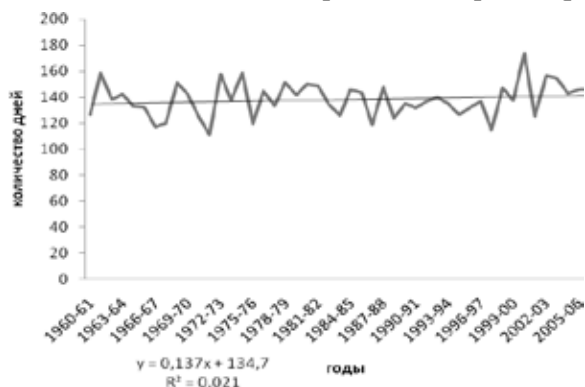


Рисунок 1. Временная изменчивость продолжительности залегания устойчивого снежного покрова в Прибайкалье.

Далее были рассчитаны коэффициенты корреляции на станциях Прибайкалья между высотой снежного покрова и температурой воздуха и атмосферными осадками. Также был рассчитан коэффициент корреляции между продолжительностью залегания устойчивого снежного покрова и температурой воздуха, он составил **-0,37**.

Линейная связь между температурой воздуха с высотой снежного покрова не значительная, а зависимость обратно пропорциональная. Наибольшие коэффициенты наблюдаются в начале холодного периода года (октябрь, ноябрь, декабрь), но есть и в конце периода (март, апрель). Очень низкие коэффициенты в январе и феврале месяцах.

Зависимость между атмосферными осадками и высотой снежного покрова очевидна: чем больше осадков, тем больше высота снежного покрова – прямо пропорциональная зависимость. Также как у температуры воздуха максимальные коэффициенты приходятся на начало и конец холодного периода, а минимальные – на середину.

Характеристика снежной толщи в зонах отрыва лавин в юго-западной части о. Сахалин

***С.И. Чеботарев¹, А.М. Бобров¹, А.В. Романюк¹, Д.А. Боброва²,
В.В. Ложкомоев¹, О.В. Паришуква¹***

*¹Филиал ОАО "РЖД" Дальневосточная железная дорога
Центр диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры,
г. Южно-Сахалинск, Россия;*

*²ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,
Сахалинский филиал, г. Южно-Сахалинск, Россия*

Characteristics of snow cover in the zone of a separation of an avalanche in the southwestern part of Sakhalin island

***S.I. Chebotarev¹, A.M. Bobrov¹, A.V. Romanjuk¹, D.A. Bobrova²,
V.V. Lozhkomoev¹, O.V. Parshukova¹***

*¹Branch of public corporation "Russian railway" far Eastern railway Center of diagnostics and monitoring of infrastructure devices,
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia;*

*²Sakhalin Department of Far East Geological Institute FEB RAS,
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

Длина железнодорожного пути (далее ж/д пути) на участке Шахта-Ильинск, проходящего с юга на север по узкой прибрежной полосе юго-западного побережья о. Сахалин, составляет 185 км. На данный момент здесь насчитывается более 370 лавиносборов, в которых формируются лавины всех генетических типов. Степень лавинной опасности на юго-западном побережье о. Сахалин чрезвычайно высока. По предварительной оценке, площадь поражённости территории лавинными процессами не менее 50%. Одним из факторов лавинообразования на участке Шахта - Ильинск является перекристаллизация снежной толщи.

Лавинные процессы наносят ущерб железнодорожной инфраструктуре, вызывают задержку в движении пассажирских и грузовых поездов, а также создают опасность для жизни работников железнодорожного транспорта.

В лавиноопасные периоды 2011-2013 гг. нами был отмечен 101 случай сходов лавин, из которых 77 – с выходом на путь, причём в некоторых лавиносборах формирование лавин происходило более 1 раза за сезон. Общий объём лавин составил 26764 м³, общий объём лавинных отложений на ж/д пути – 4150 м³, общая протяженность ж/д путей, на которых отмечены случаи схода лавин – 1288 м. Средняя высота лавинных

отложений колеблется в пределах 1,4-1,6 м, а их средний объём – 280-340 м³.

Максимальные объёмы лавин характерны для лавин перекристаллизации снежной толщи (максимальная зарегистрированная толщина лавинных отложений на ж/д пути – 7 м, максимальный зарегистрированный объём лавины – 2500 м³).

Прогноз наступления периода формирования лавин перекристаллизации снежной толщи на основании знаний о сроках появления лавиноопасных слоёв, сложенных кристаллами конструктивной стадии метаморфизма, имеет большую актуальность при обеспечении безопасного и бесперебойного движения железнодорожного транспорта, так как позволяет заблаговременно организовать работы по подготовке к ликвидации последствий схода лавин.

В течение зимних сезонов 2011-2013 гг. в зоне зарождения лавин вдоль юго-западного побережья о. Сахалин мы проводили стратиграфические наблюдения за снежной толщей.

Наблюдения проводили в юго-западной части о. Сахалин в трёх лавиноопасных районах, имеющих различия в условиях лавинообразования: Невельском, Холмском и Чеховском.

Стратиграфию снежной толщи изучали в шурфах, проходку которых проводили с момента формирования устойчивого снежного покрова до времени его схода.

Наблюдения показали, что на морских террасах, в условиях мягкой зимы, сопровождающейся неоднократными оттепелями с дождями, коэффициент текстуры снежной толщи достигает значения 0,1 в течение 30-35 суток. Такое значение коэффициента текстуры является одним из показателей наступления опасности схода лавин перекристаллизации снежной толщи.

Нами отмечено, что под корками (ветряными, режелационными или ледяными), расположенными как в припочвенных слоях, так и в середине снежной толщи, формируются слои снега, имеющие волокнистую текстуру и сложенные кристаллами полускелетного или скелетного класса форм. При этом под коркой кристаллы скелетного класса форм формируются за 30-35 суток.

В надувах снежная толща, которая образуется под воздействием ветра, имеет большую плотность (достигает значений 0,3 г/см³) и толщину (более 3 м). Лавиноопасные слои в надувах формировались не в середине снежной толщи, а в припочвенном слое через 65-70 суток.

Особенности стратиграфии снежного покрова Среднерусской возвышенности

Р.А. Чернов

ФГБУН Институт географии РАН, г. Москва, Россия

Features of stratigraphy of the snow cover of the Central Russian upland

R.A. Chernov

Institute of geography of RAS, Moscow, Russia

В настоящей работе показаны результаты стратиграфических исследований снежного покрова, полученных в ходе снегомерных съемок в Южном Подмосковье в период с 2001 по 2013 гг., а также в Калужской, Тульской, Орловской и Курской области в 2011 и 2012 годах.

При сопоставлении стратиграфических разрезов полученных на однотипных участках ландшафта в период максимальных снегозапасов выделяются следующие особенности строения снежного покрова. Снежная толща представлена двумя основными горизонтами: верхний – сложен слоями зернистого снега, здесь характерно инфильтрационное уплотнение слоев снега под влиянием оттепелей, образование тонких ледяных корок. В нижнем горизонте происходит формирование глубинной изморози (ГИ), первичная слоистость снежного покрова затухает. Толщина горизонта ГИ во второй половине зимы достигает 20-30 см и составляет в среднем 60-70% общей толщины снежного покрова. Характерные стратиграфические разрезы для леса (а, б) и лугового участка (в) представлены на рисунке 1.

Появление глубинной изморози обнаруживается через 4-5 недель после установления снежного покрова, и в большинстве случаев относится к первой половине января. Средние размеры кристаллов ГИ достигают 1.5-2 мм, максимальные 4-5 мм. В отдельных случаях на пастбищах и пахотных участках снежная толща была сложена преимущественно глубинной изморозью, относительная доля которой составляла 80-95%, размеры кристаллов достигали 10-12 мм. При отсутствии оттепелей плотность слоев снега увеличивается до 0.17-0.18 г/см³, которая сохраняется длительное время в нижнем горизонте. В отдельные зимы в основании снежного покрова находился плотный слой фирнизованного снега или ледяная корка сформированные в период предзимья, слои ГИ обнаруживались во все зимы периода наблюдений.

На рисунке 2 показаны результаты маршрутных исследований стратиграфии снежного покрова на западных склонах Среднерусской возвы-

шенности, проведенные 27.02 – 1.03.2011 г. Маршрут был проложен с севера на юг, протяженностью около 550 км. Отмечены слои рыхлой (а) и плотной (б) глубинной изморози для однотипных участков лиственного леса. На всем маршруте горизонт ГИ, состоящий из рыхлого и плотного слоев, преобладал в снежной толще. Отметим что, доля плотного слоя закономерно возрастает с севера на юг, что указывает на усиление влияния оттепелей в формировании структуры снежной толщи.

Результаты многолетних исследований строения снежного покрова на территории Среднерусской возвышенности приводят к следующим выводам:

1. На территории СРВ формируется определенный тип снежного покрова, который ранее определялся для регионов с более континентальным климатом.

2. Его характерной чертой является формирование горизонта глубинной изморози, для типичных зим его доля в снежном покрове составляет около 60-70%.

3. Региональные различия стратиграфии снежного покрова обусловлены влиянием оттепелей. Выявленные особенности строения снежного покрова, связанные с влиянием оттепелей, могут значительно определять закономерные различия его теплозащитных свойств в южных районах Среднерусской возвышенности.

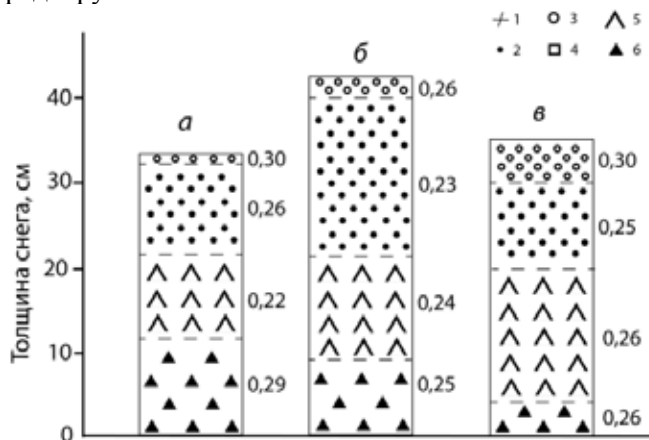


Рисунок 1. Стратиграфические разрезы снежного покрова (Приокско-террасный заповедник, февраль 2011 год) для хвойного леса (а), лиственного леса (б) и луга (в). Справа от разрезов цифрами обозначены плотности слоев снега (г/см³), 1 - свежевыпавший, 2 - мелкозернистый, 3 – среднезернистый фирнизованный, 4 - зерна с огранкой, 5 – глубинная изморозь, 6 – плотная глубинная изморозь.

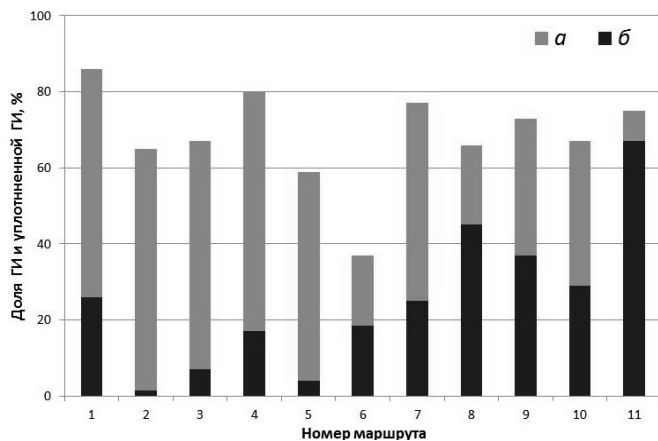


Рисунок 2. Доля глубинной изморози в снежном покрове на период максимальных снегозапасов (2011 г.), а – рыхлая ГИ, б – уплотненная ГИ, 1 – Москва, 2 – Южное Подмосковье, 3 – Калуга, 4 – Перемышль, 5 – Белев, 6 – Болхов, 7 – Кромь, 8 – Любаз, 9 – Курская БС, 10 – ЦЧЗ им. В.В. Алехина, 11 – Обоянь.

Пространственная изменчивость характеристик снега, определяющих его устойчивость на склоне, в различных физико-географических условиях

П.А. Черноус¹, Н.В. Барашев², Ю.Г. Селиверстов³, В.Е. Сучков⁴

¹Центр лавинной безопасности ОАО «Апатит», г. Кировск, Россия;

²Противолавинная служба Северо-западной фосфорной компании;

³Московский государственный университет

им. М. В. Ломоносова, лаборатория лавин и селей, г. Москва, Россия;

⁴Противолавинная служба горнолыжного курорта «Роза-Хутор»

Spatial variability of characteristics of snow, which determine its stability on a slope, in different physical and geographical conditions

P.A. Chernous¹, N.V. Barashev², Ju.G. Seliverstov³, V.E. Suchkov⁴

¹Centre of avalanche safety of JSC «Apatit», Kirovsk, Russia;

²Anti-avalanche service of the North-Western phosphorous company;

³Laboratory of avalanches of Moscow state University, Moscow, Russia;

⁴Anti-avalanche service of ski resort «Rosa Khutor»

Представлены результаты многочисленных маршрутных измерений толщины снега на склонах гор, его плотности, прочности на сдвиг и температуры, проведенных в Хибинах, в горах Прибайкалья, на Алтае и на Кавказе. Проведен статистический анализ данных измерений. Получены оценки дисперсий, коэффициентов вариации, автокорреляционных и структурных функций измеренных характеристик снега. Оценено влияние условий формирования снежного покрова на параметры его пространственной изменчивости. Проведен сравнительный анализ параметров пространственной изменчивости снега на склонах в различных географических районах.

Раздел III

Снежные лавины и лавинные процессы

Part III

Snow Avalanches and Avalanche Processes

Построение модели локального краткосрочного пространственно-временного прогноза метелевых лавин на примере Хибинского лавиносбора

Ю.Б. Андреев¹, А.Н. Божинский¹, П.А. Черноус²

¹*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория лавин и селей*

г. Москва, Россия;

²*Центр лавинной безопасности ОАО «Апатит», г. Кировск, Россия*

The simulation of local short-term space-temporary forecast for drift-snow avalanches on Khibiny site example

Y.B. Andreev¹, A.N. Bozhinskiy¹, P.A. Chernous²

¹*Moscow Lomonosov State University, Geography Department, Snow Avalanches and Mudflows Laboratory, Moscow, Russia;*

²*Avalanche Safety Center, "Apatit" JSC, Kirovsk, Russia*

Для построения модели прогноза (диагноза) метелевых лавин были взяты ряды метеонаблюдений в лавиносборе №22 в Хибинах за 1934-1994 гг., всего 472 суток с 10-ю зафиксированными сходами лавин. Такая модель строится на основе дискриминантного анализа с выбором соответствующих предикторов и критических областей значений метеопараметров, определяющих формирование механизма схода лавин: температуры воздуха, осадков, средней высоты снега за экспертный период 3-4 дня, а также продолжительности, скорости и направление ветра в лавиносборе за тот же период, причем направлениям ветра присваиваются ранги от 0 вниз по склону до 1 - вверх по склону. Функция прогноза строится в виде суммы слагаемых с вышеуказанными метеопараметрами и их комбинациями (суммами и произведениями) с нормирующими коэффициентами, числителем которых является относительная частота событий схода лавин в критической области выбранного параметра, а знаменателем — максимальная или среднее значение параметра. Критическое значение функции прогноза выбирается равным 1, при превышении этой величины функцией прогноза следует ожидать схода метелевых лавин тем скорее, чем больше это превышение. Здесь мы имеем дело с временной составляющей прогноза, отображающей накапливаемый потенциал схода лавин, в свою очередь, определяющий и дальность распространения лавин.

Для определения же границ лавинных отложений используется вероятностное зонирование лавинных отложений лавиносбора №22 в Хи-

бинах. При этом ищется связь между значениями функции прогноза с зонами вероятности лавинных отложений на базе корреляции и определения соответствующей линии регрессии такой связи. Искомые линии регрессии при значимости связи менее 0,1 и определяют пространственный прогноз метелевых лавин в данном лавиносборе.

Abstract. For simulation of space-temporary short-term forecast-diagnosis for snow-drift avalanches were taken observation series for 1934-1994 in Khibiny site #22 with 472 days when 10 avalanches release events were recorded. Such a model is based on discriminate analysis with choice of corresponding predictors and critical regions of meteorological parameters data, determining avalanche release mechanics: such as air temperatures, average snow cover thickness for expert period 3-4 days, daily precipitation, wind duration, its velocity and direction for the same period, while the wind directions are ranked from 0 down the slope to 1 up the slope. The forecast function is being compiled as sum of components with above-mentioned meteoroparameters and their combinations (sums and products) with normalizing coefficients, which numerators are the relative frequency of an avalanche release and denominator – an average or maximal parameter value. The critical function value is 1, by which exceeding one may wait an avalanche release the quicker, the greater function value is. Here the question is about temporary component of forecast, reflecting the accumulated an avalanche release potential, in its turn determining the avalanche distance borders. Determining the avalanche deposit borders the Khibiny site #22 probabilistic zoning is used. For this aim the relation between forecast function values and deposit zone probabilities is being sought by correlation and finding corresponding regression line. Such a regression line by significance value less than 0,1 gives the spatial forecast for snow-drift avalanches in this site.

Лавинная опасность равнинных территорий о. Сахалин

Д.А. Боброва

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

Avalanche hazard of plain for example of Sakhalin Island

D.A. Bobrova

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

Считается, что лавиноопасными являются только горные территории. Так, например, низкие склоны речных террас часто не считают лавиноопасными, и при оценке лавинной опасности эти зоны выделяют как территории, не представляющие угрозы для населения. Но между тем, в Сахалинской области лавины, формирующиеся на низких склонах речных террас (высотой до 50 м), представляют постоянную опасность для населения и хозяйства. На Сахалине встречаются формы рельефа, представляющие собой низкие склоны (5 – 30 м), на которых формируются лавины.

Исследование факторов лавинообразования на территории Сахалина проводилось ранее, и была составлена карта природных лавинных комплексов (ПЛК), где был выделен равнинный класс природных лавинных комплексов. Площадная пораженность территории лавинными процессами <10%. Максимальный объем лавин не превышает 500 м³.

Однако часть территории была выделена как нелавиноопасная, т.к. широкого распространения лавинных процессов на ней нет. Тем не менее там встречаются формы рельефа, представляющие собой низкие склоны (5 – 30 м), на которых формируются лавины. Эти зоны необходимо выделять на карте, как территории, на которых лавинные процессы развиты не широко, однако встречаются отдельные возвышенности, представляющие собой лавиносоры, т.е. территории с низкой площадной пораженностью лавинными процессами (< 10%).

Таковыми зонами на Сахалине являются:

- морские низменности Северо-Сахалинской равнины;
- Тымь-Поронайская низменность;
- небольшие равнины в долинах горных рек, где лавины формируются как на склонах водораздельных хребтов, так и на склонах речных террас и русловых обрывов.

Необходимость исследования равнинных территорий на наличие лавинных процессов возникает в связи с неоднократным попаданием людей в лавины с низких склонов. Кроме того, при проведении инженерных изысканий в строительстве также необходимо исследовать равнинные территории как потенциально лавиноопасные, и отмечать возвышенности с относительной высотой > 5 метров и уклоном $> 20^\circ$.

Результаты исследований природных лавинных комплексов на территориях низменностей Сахалина приведены в таблице.

***Таблица Характеристики ПЛК на территории равнин
о. Сахалин.***

Район	Отн. высота лавиносборов, м	Уклон лавиносборов, град	Преобладающий морфологический тип лавиносборов	Площадная поразенность территории лавинными процессами, %	Максимальный объем лавин, м³
Морские равнины Северо-Сахалинской низменности	5 - 20	20 – 60	осов	<5%	100
Тымь-Поронайская низменность	5 - 25	20 – 60	осов	<3%	250
Небольшие долины горных рек	5 - 50	20 – 60	осов	<10%	500

Влияние устойчивости снежного покрова на сход лавин по материалам наблюдений на снеголавинной станции «Шымбулак»

В.В. Жданов

Институт географии МОН РК, г. Алматы, Казахстан

Influence of stability of snow-cover on tails of avalanches on materials of supervisions on the avalanche station "Shymbulak"

V.V. Zhdanov

The Institute of Geography, Almaty, Kazakhstan

Снеголавинная станция «Шымбулак» является одной из старейших в Республике Казахстан. Она расположена в бассейне реки Кисы Алматы на высоте 2170 м над уровнем моря. Наблюдения за стратиграфией и физико-механическими свойствами снежной толщи ежедневно проводятся на стационарной площадке, расположенной недалеко от станции. Характеристики снежного покрова и его физико-механические свойства зависят от предшествующих и настоящих погодных условий и определяют тип и возможные объемы сходящих лавин. Физико-механические свойства снега, характерные при сходе лавин различного генезиса приведены в таблице.

Смена оттепелей и похолоданий способствуют образованию снежной корки у поверхности земли в конце осени. Она существует в течении всей зимы вплоть до начала снеготаяния.

Зимой при отрицательной температуре воздуха отмечается сход сухих пылевидных лавин. Они сходят по поверхности старого снега и поэтому, обладают гораздо меньшими объемами и плотностью. Разрыв происходит в слабом контакте на границе старого и свежесвыпавшего снега. Прочностные характеристики на этом контакте самые минимальные, а коэффициент устойчивости выше среднего.

Весной с началом периода снеготаяния меняется структура снега: у поверхности земли образуется сыпучий слой крупнозернистого снега или глубинной изморози, хотя корка у самой поверхности еще сохраняется. Теперь слабый контакт будет ближе к поверхности земли. Его прочностные характеристики будут выше, чем в зимние месяцы, но коэффициент устойчивости сильно падает за счет роста водности снега. Разрыв происходит в старом снегу, лавины захватывают свежесвыпавший и старый снег и поэтому обладают большими размерами и объемами.

Таблица. Характеристики снежного покрова за период 1966-2012 гг.

Характеристика	Средние величины	Тип лавины		
		Свежевыпавшего снега	Осадки на фоне оттепели	Оттепель
Высота снега на метеоплощадке, см	60	58	58	66
Высота снега на шурфе, см	58	50	59	62
Плотность старого снега, кг/м ³	250	220	270	280
Плотность свежего снега, кг/м ³	130	110	200	
Высота слабого контакта, см	31	37	27	20
Минимальное сцепление, кг/м ²	56	39	67	73
Минимальный разрыв, кг/м ²	14	5	13	30
Коэффициент устойчивости c/w	0,83	0,88	0,72	0,69
Высота прочного контакта, см	12	9	26	25
Максимальное сцепление, кг/м ²	279	315	220	221
Максимальный разрыв, кг/м ²	297	379	204	225
Коэффициент устойчивости c/w	2,64	2,78	2,33	2,37

Лавины, связанные с оттепелью характерны для середины весны. В этом случае очень важное влияние оказывает прочностные характеристики снега. Самый слабый контакт расположен у поверхности земли и отмечается минимальный коэффициент устойчивости. Самый прочный контакт расположен в снежной корке у поверхности снега.

Прочностные характеристики снежного покрова являются важными параметрами для совершенствования методов прогноза лавин.

Анализ результатов работ по профилактическому спуску лавин за зимний сезон 2012-2013 гг.

С.П. Жируев, Н.А. Казаков, Ю.В. Генсировский
ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН
Сахалинский филиал, г. Южно-Сахалинск, Россия

Analysis of the results of work on preventive descent of avalanches for the winter season 2012-2013

S.P. Zhiruev, N.A. Kazakov, Yu.V. Gensiorovsky
Sakhalin Department of Far East Geological Institute FEB RAS,
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

В докладе рассматриваются результаты работ по профилактическому спуску лавин, выполненных в зимнем сезоне 2012-2013 г.г. по заказу заинтересованных организаций и частных лиц на юго-западном побережье о. Сахалин.

Предупредительный спуск лавин выполнялся методом механической подрезки карнизов с помощью специальных лавинных пил и металлического троса на небольших лавинных участках вдоль линейных сооружений и в населенных пунктах, где применение взрывчатых веществ невозможно либо нецелесообразно ввиду возможного нарушения устойчивости горных пород на обрабатываемых склонах и возникновение угрозы для жителей населенных пунктов.

В зимнем сезоне организовано 7 выездов к местам проведения профилактических мероприятий. Выполнена обработка 11 лавиноопасных склонов. Результаты работ приведены в таблице 1.

Таким образом, в зимнем сезоне 2012-2013 г.г., в результате проведенных работ по предупредительному спуску лавин было обрушено 8,48 тыс. м³. снега, обезопасено 768 метров дорожного полотна.

**Таблица 1. Результаты работ по предупредительному
спуску лавин за зимний сезон 2012–2013 гг.**

№№ п.п	Дата	Место	Количество лавинообсоров	Необходимость проведе- ния ПСЛ по результатам обследования лавинообсоров	Результат		
					Суммарный объём лавин, тыс. м ³	Длина обозапашенного участка, м	Случаи схода лавины в последующие 3 суток
1.	06.01. 2013 г.	км 13 автодо- роги Невельск – Шебунино	2	Угрозы для авто- дороги нет. Необхо- димости в ПСЛ нет.	0,18	90	Нет
2.	23.01. 2013 г.	км 13 автодо- роги Невельск – Шебунино	2	Целесообраз- но	1,0	110	Нет
3.	31.01. 2013 г.	Жилой дом по ул. Зелёная в г. Невельске.	1	Целесообраз- но	0,4	80	Нет
4.	20.02. 2013 г.	км 143 автодо- роги Невельск – Томари – а/п Шахтёрский	1	Угроза для автодороги. Необходимо немедленно провести ПСЛ	1,3	98	Нет
5.	05.03. 2013 г.	км 153 автодо- роги Невельск – Томари – а/п Шахтёрский	1	Целесообраз- но	2,2	100	Нет
6.	05.03. 2013 г.	км 143 автодо- роги Невельск – Томари – а/п Шахтёрский	1	Целесообраз- но	0,2	90	Нет
7.	06.03. 2013 г.	км 13 автодо- роги Невельск – Шебунино	3	Угроза для автодороги. Необходимо немедленно провести ПСЛ	3,2	200	Нет

Искусственное изменение рельефа для защиты автомобильных дорог от лавин на Южном Сахалине

Н.А. Казаков

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

Artificial change of relief for avalanche protection of roads from s on South Sakhalin

N.A. Kazakov

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

На участке автомобильной дороги между г. Томари и п. Ильинский (западное побережье Южного Сахалина) преобладают лавины объемом от 200 до 3000 м³, сходящие со склонов относительной высотой 40 - 100 м. Максимальный объем лавин может достигать 30 000 м³. Сход лавин наблюдается ежегодно с ноября до середины апреля. Период активного формирования лавин (наиболее опасный период) длится с декабря по март. В течение зимнего сезона из каждого лавиносбора может сходить от 1 до 10 лавин. За счет большой крутизны склонов и сильной перекристаллизации снега на склонах, лавины имеют большую скорость и разрушительную силу.

Лавины перекрывают полотно автомобильной дороги и часто достигают береговой линии. Толщина завалов дорожного полотна лавинными отложениями достигает 6,5 м. Максимальный объем лавины, зарегистрированный на этом участке 17.02.1994 г., составил 17 000 м³. Лавина сошла в результате предупредительного спуска способом подрезки снежного карниза. Протяженность завала полотна автодороги составила 82 м при толщине 5 м.

Для защиты автомобильной дороги от лавин используется прогноз лавин и предупредительный спуск лавин, однако исходя из характеристик лавин и интенсивности проявления лавинных процессов, по соотношению «экономическая целесообразность – эффективность – безопасность» предпочтительной является инженерная защита.

На крутых осовных склонах строительство снегоудерживающих сооружений в зоне зарождения и транзита лавин является дорогостоящим мероприятием.

По этой причине для защиты от лавин использован метод изменения рельефа: изменение профиля лавинноопасных склонов.

На некоторых участках склоны выполаживаются до крутизны 20°, так как при уклонах менее 20° лавинообразование маловероятно.

На других участках, напротив, крутизна склонов увеличивается до 50° путём подрезки склона. При крутизне склона более 50° снегонакопление на склонах незначительно.

В дополнение к изменению рельефа для снижения объема снегоприноса в пригребневую часть лавиносборов на пологонаклонной поверхности морских террас в тыловой части лавиносборов (зона сноса снега) устанавливаются снегозадерживающие заборы, а для предупреждения образования снежных карнизов в пригребневой зоне устанавливаются снеговыдувающие сооружения (крестообразные кольктафели).

Abstract. On the road between Tomary Town and Ilynsk (west of coast of South Sakhalin) avalanches prevail by a volume from 200 to 3000 m³, going down from slopes by a relative height 40 - 100 m. The maximal volume of avalanches can achieve 30 000 m³. The tails of avalanches are observed annually from November to the middle of April. The period of the active forming of avalanches (most dangerous period) lasts from December for March. During a winter season from every avalanche catchment can go down from 1 to 10 avalanches. Due to the large steepness of slopes and strong recrystallization of snow on slopes, avalanches have high speed and destructive force.

Avalanches block linen of roads and often achieve a coastline. Thickness of the avalanches deposits on road may be more them 6,5 m. The maximal volume of avalanche, 17.02.1994 registered on this area, was 17 000 m³. An avalanche got off as a result of the preventive lowering by the method of paring of snow cornice. The extent of obstruction of road was 82 m at a thickness 5 m.

For protection of road from avalanches the prognosis of avalanches and preventive lowering of avalanches is used. However coming descriptions of avalanches and intensity of display of avalanches processes from, on correlation «financial viability is efficiency is safety» engineering protection is preferable.

The building of supporting structures prevent avalanches on steep slopes in avalanche starting zone is an expensive measure.

On this account for avalanche protection the method of change of relief is used: change of type of slopes.

On some areas slopes was artificially done more declivous to the steepness 20° , because at slopes less than a 20° avalanching improbably.

On other areas, opposite, slopes was artificially done more steep to the steepness 50° . At the steepness of slope more than 50° thickness of snow pack is insignificantly.

In addition to the change of relief for the decline of volume of snow to avalanche starting zone on marine terraces the snow fence construct. For warning of formation of snows cornices blower fences (cruciform kolktafel) buildings beyond avalanche starting zone construct.

Динамика лавин разных генетических классов и проблемы моделирования лавин

Н.А. Казаков, Д.А. Боброва

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

Dynamics of avalanches of different genetic classes and problems of its simulation

N.A. Kazakov, D.A. Bobrova

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

На сегодняшний день не существует удовлетворительных физических моделей лавинного процесса, позволяющих с адекватно описать движущуюся лавину. Существующие математические модели, как правило, основаны на идеальных математических либо эмпирических представлениях, сильно упрощающих реальную картину и описывают лавинный процесс с лишь большой степенью приближённости.

По этим причинам значения динамических характеристик лавин (особенно, дальности выброса лавин), рассчитанные по существующим моделям, оказываются сильно заниженными по сравнению с реально наблюдаемыми характеристиками.

Лавины разных генетических типов описываются одними и теми же моделями. Однако лавины разных генетических типов (мокрого снега, свежевыпавшего снега, метелевого снега, перекристаллизованного снега, смешанного снега) обладают разными структурно-реологическими свойствами и, соответственно, разной динамикой и должны описываться как разные объекты (процессы) – разными моделями.

Большинство существующих моделей лавин можно свести к трём основным группам: гидравлические, гравитационные и модели лавины как материальной точки.

Однако динамика лавины любого типа сильно отличается от динамики потока жидкости, а используемые в гидродинамических моделях коэффициенты кинетического и турбулентного трения, принятые из гидрологии и гидродинамики, не соответствуют трению лавины и определяются субъективно.

Представление о лавине как о гравитационном процессе справедливо лишь для осовов, движущихся по коротким крутым склонам и для первой фазы движения лавин твёрдого метелевого снега.

Описание лавины как материальной точки является собой крайне упрощённым представлением, не отражающим сложный процесс движения лавины.

При описании лавин не учитываются такие важнейшие параметры, как структура, текстура и, соответственно, вязкость снежного покрова, формирующего лавину: параметры, которые во многом определяют энергию и, соответственно, динамику лавин (особенно, для лавин перекристаллизованного и смешанного снега).

Анализ результатов исследования лавинных процессов в разных регионах (1980 – 2013 г.г.; о. Сахалин, Курильские острова, Забайкалье, Хибин, Западный Кавказ, табл. 1) показывает, что скорости, дальность выброса и характер движения лавин разных генетических типов различна.

Лавины мокрого снега могут описываться гидродинамическими моделями, описывающими движение вязкого потока. Определение коэффициентов кинетического и турбулентного трения представляет собой отдельную задачу.

Лавины свежевывающего снега могут описываться как дисперсная система.

Лавины перекристаллизованного и смешанного снега обладают более сложной динамикой, представляют собой не столько объект, сколько нелинейный процесс. Перспективным направлением представляется моделирование таких лавин в рамках теории динамического хаоса.

Лавинные процессы необходимо описывать не как гидрологические или гравитационные явления, но как явления более сложного характера в рамках синергетических представлений, суть которых можно свести к тому, что в данной системе ни один из отдельно взятых факторов не может привести к ожидаемому результату без воздействия других факторов, приводящих к феномену самоорганизации упорядоченных структур в открытых диссипативных системах.

Таблица 1. Характеристики лавин разных генетических типов (о. Сахалин, 1980 - 2013 г.г.)

№	Генетический тип лавины	Плотность лавинно-образующего снега, г/см ³	Характер движения лавины	Максимальный объём лавины, тыс. м ³	Максимальная дальность выброса лавины, м	Максимальная скорость лавины, м/с	Предпочтительный тип модели
1.	Метелевого снега (твёрдая снежная доска)	0,20 - 0,50	Ламинарный Скользящее	5,0	400	30	Гравитационная
2.	Мокрого снега	0,15 - 0,50	Ламинарный Вязкое течение	5,0	300	15	Гидродинамическая
3.	Свежевыпавшего сухого снега	0,05 - 0,12	Турбулентный	10,0	500	40	Моделирование в рамках теории динамического хаоса
4.	Перекристаллизованного снега	0,22 - 0,38	Турбулентный Волновой процесс	>50,0	>1000	>80	
5.	Смешанного перекристаллизованного и сухого свежевыпавшего снега	0,25 - 0,35	Турбулентный Волновой процесс	>1400,0	3800	>80	
6.	Смешанного перекристаллизованного и сухого метелевого снега	0,25 - 0,45	Турбулентный Волновой процесс	>1000,0	>2000	>80	
7.	Смешанного перекристаллизованного и мокрого снега	0,38 - 0,50	Турбулентный Волновой процесс	100,0	1200	50	

Abstract. For today there are no satisfactory physical models of avalanche process, allowing with adequately to describe the avalanche. Existent mathematical models, as a rule, are based on ideal mathematical or empiric presentations strongly simplifying the real picture and describe an avalanche process with the only large degree of closeness.

On these reasons of value of dynamic descriptions of avalanches (especially, avalanche run-out distance), expected on existent models, appear by strongly understated as compared to the really looked descriptions after.

The avalanches of different genetic types are described by the same models. However much the avalanches of different genetic types (wet snow, new-fallen dry snow, drifted snow, recrystallization of snow, mixed snow) possess different structural rheological properties and, accordingly, by a different dynamics and must be described as different objects (processes) - different models.

Most existent models of avalanches can take to three basic groups: hydraulic, gravity and models of avalanche as a material point.

However much the dynamics of avalanche of any type strongly differs from the dynamics of stream of liquid, and the in-use in hydrodynamic models coefficients of kinetic and turbulent friction, accepted from hydrology and hydrodynamics, fall short of to friction of avalanche and concerned subjectively.

Picture of avalanche as about a gravity process justly only for snow slide on short steep slopes and for the first phase of motion of avalanches of hard drifted snow.

Description of avalanche as a material point is the by itself extremely simplified presentation not reflecting the difficult process of motion of avalanche

At description of avalanches such major parameters are not taken into account, as structure, texture and, accordingly, viscosity of snow pack forming an avalanche: parameters which in a great deal determine energy and, accordingly, dynamics of avalanches (especially, for the avalanches of recrystallization of snow and mixed snow).

The analysis of results of field research of avalanches processes shows in different regions (1980 - 2013, Sakhalin Island, Kuril Islands, Transbaikalia, Khibini Mountains, Western Caucasus, tabl. 1), that speeds, distance of the troop landing and character of motion of avalanches of different genetic types different.

The avalanches of the wet snow can be described by hydrodynamic models describing motion of viscid stream. Determination of coefficients of kinetic and turbulent friction and etc is a separate task.

The avalanches of new-fallen snow can be described as dispersible system.

The avalanches of recrystallization and mixed snow are possess more difficult dynamics. It's are not so much object, how many nonlinear process. The design of such avalanches is perspective direction within the framework of theory of dynamic chaos.

Avalanches processes must be described not as the hydrological or gravity phenomena, but as the phenomena of more difficult character. It's may be described within the framework of synergetic approach, essence of which can be taken to that in this system none of the separately taken factors can result in the expected result without influence of other factors resulting in the phenomenon of self-organization of ordered structure in the open dissipative systems.

Table 1. Characteristics of avalanches of different genetic types (Sakhalin Island, 1980 - 2013)

No	Genetic type of avalanche	Density of snow on avalanche start zone, g/cm ³	Character of motion avalanches	Maximal volume of avalanche, thousands m ³	Maximal avalanche run-out distance, m	High speed of avalanche, m/s	Preferable type of avalanche models
1.	Drifted snow (hard wind slab)	0,20 - 0,50	Laminar Slipping	5,0	400	30	Gravitational
2.	Wet snow	0,15 - 0,50	Laminar Viscous flow	5,0	300	15	Hydrodynamic
3.	New-fallen dry snow	0,05 - 0,12	Turbulent	10,0	500	40	Modeling of such avalanches within the limits of the theory of dynamic chaos
4.	Recrystallization snow	0,22 - 0,38	Turbulent Wave process	>50,0	>1000	>80	
5.	Mixed snow: recrystallization snow and new-fallen dry snow	0,25 - 0,35	Turbulent Wave process	>1400,0	3800	>80	
6.	Mixed snow: recrystallization snow and drifted snow	0,25 - 0,45	Turbulent Wave process	>1000,0	>2000	>80	
7.	Mixed snow: recrystallization snow and wet snow	0,38 - 0,50	Turbulent Wave process	100,0	1200	50	

Антропогенное воздействие на береговые природные лавинные комплексы Южного Сахалина

Е.Н. Казакова

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

Anthropogenic influence on the sea coastal nature avalanche complexes of South Sakhalin

E.N. Kazakova

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

На о. Сахалин в пределах природных лавинных комплексов морских террас расположено большое количество населенных пунктов, хозяйственных объектов и объектов инфраструктуры, что связано с преимущественно горным рельефом острова, ограничивающим выбор пригодных для освоения территорий.

В связи с активной хозяйственной деятельностью на морских берегах острова природные лавинные комплексы морских террас подвержены сильной антропогенной нагрузке, увеличивающей степень лавинной опасности для населения и хозяйства острова.

Основными видами антропогенного изменения природных лавинных комплексов морских террас, влияющими на характеристики лавинных процессов, являются следующие:

1 *Вырубка леса:*

а) *на поверхности сноса снега ветром* - создает благоприятные условия для снегопереноса, что обеспечивает дополнительный принос снега в лавиносбор, тем самым приводя к увеличению объемов лавин, а также частоты их формирования;

б) *в зонах отрыва и транзита лавин* – увеличение значений динамических характеристик лавин;

2 *Изменение профиля склона:*

а) *выравнивание поверхности террасы* под сельскохозяйственные нужды приводит к образованию поверхности сноса снега ветром в верхней части комплекса;

б) *террасирование склона* приводит к уменьшению либо устранению лавинной опасности;

в) *подрезка склона* создает благоприятные условия для формирования прыгающих лавин;

г) *выравнивание профиля склона* при больших уклонах (30-45°) приводит к увеличению значений динамических характеристик лавин.

Так, на западном побережье Южного Сахалина (между с. Шебунино и с. Ильинский) на поверхностях сноса снега ветром был вырублен лес при распахке для сельскохозяйственной деятельности. Это обеспечило благоприятные условия для снегопереноса, и, следовательно, для дополнительного приноса снега в лавиносбор, что увеличивает объемы лавин, а также частоту их формирования. Кроме того, активный снегоперенос приводит к формированию снежных карнизов большой мощности (до 4-5 м) и протяженности.

Кроме того, характерной чертой западного побережья Южного Сахалина является одновременное развитие на морских террасах нескольких типов гравитационных склоновых процессов: лавин, склоновых селей и оползней, оказывающих влияние друг на друга. Совокупное действие рассматриваемых процессов приводит к повышению риска для населения и хозяйственно-бытовых объектов, а также затрудняет проектирование инженерной защиты.

Так, противооползневые мероприятия могут создать лавинную опасность: при проведении противооползневых мероприятий к северу от г. Макаров при выравнивании профиля склона создали условия для формирования лавин с большими значениями динамических характеристик: склоны относительной высотой 100 м имеют постоянный уклон 45° .

Abstract. Degree of avalanche hazard of sea coastal natural avalanche complexes increased due to anthropogenic influence on marine terraces.

The main types of anthropogenic influence on marine terraces are the following.

1. Deforestation:

a) deforestation on the surface of marine terrace results in increasing of wind blowing of snow which leads to increase of volumes and frequency of avalanches;

b) deforestation in avalanche catchments results in increasing of the values of dynamic characteristics of avalanches.

2. Change in the profile of the slope:

a) alignment of the surface of terraces for agricultural purposes leads to the formation of a surface of wind blowing of snow in the top of the avalanche complex;

b) terracing of slope leads to the reduction or elimination of avalanche danger;

c) undercut of slope creates favorable conditions for the formation of jumping avalanches;

d) alignment of profile of slope for large deviations ($30-45^\circ$) increases the values of dynamic characteristics of avalanches.

Классификация природных лавинных комплексов морских террас Южного Сахалина

Е.Н. Казакова

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

The classification of natural avalanche complexes of marine terraces of South Sakhalin

E.N. Kazakova

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

Природные лавинные комплексы морских террас Южного Сахалина имеют ряд характерных особенностей, позволяющих рассматривать их как специфический класс лавинных комплексов:

- абсолютная высота склонов не превышает 200 м, что позволяет не учитывать вертикальный градиент осадков;
- высокая степень перекристаллизации снежной толщи, что связано с относительно небольшой высотой снежного покрова, повышенной влажностью воздуха и более высокими температурами, чем во внутренней части острова;
- активный метелевый перенос снега на морских берегах, который обеспечивает дополнительный принос снега в лавиносбор;
- наличие в большинстве комплексов зоны сноса снега ветром, представленной поверхностью морской террасы; эта зона обеспечивает большую площадь снегосборного бассейна, что создает благоприятные условия для приноса большого объема снега в лавиносбор;
- растительный покров представлен чаще всего травой или бамбуком, что обеспечивает благоприятные условия для перекристаллизации снежного покрова, а также обеспечивает поверхность скольжения лавины с маленькими коэффициентами трения.
- характерный продольный профиль с постоянным большим уклоном в зонах отрыва и транзита лавин и резким выполаживанием в зоне аккумуляции.

В природных лавинных комплексах морских террас Южного Сахалина можно выделить восемь морфологических типов, строение которых обусловлено геологическим строением территории. Такой комплекс включает ряд соседних лавиносборов, имеющих сходную морфологию, а не отдельный лавиносбор и не отдельный макросклон со множеством лавиносборов, поскольку:

- на многих лавиноопасных участках морских террас лавиносборы разных типов чередуются (например, узкие эрозионные врезы и осы);
- в некоторых типах природных лавинных комплексов морских террас при значительной высоте снежного покрова возможен сход лавины с линией отрыва, охватывающей несколько смежных лавиносборов;
- зона сноса снега ветром обычно общая для комплекса лавиносборов.

Таким образом, природные лавинные комплексы морских террас Южного Сахалина можно разделить на ряд типов, характеризующихся некоторыми особенностями.

Например, для узких эрозионных врезов характерен сход лавин небольшого объема из отдельных лотков либо лавины большего объема при значительной высоте снежного покрова (с линией отрыва, протягивающейся на несколько соседних лавиносборов).

При чередовании осовов и эрозионных врезов эрозионные врезы расчленяют осовый склон, препятствуя сходу лавины с линией отрыва большой протяженности; во врезах сход лавин с боковых частей как с осовов

В глубоких широких оползневых ложбинах возможен сход лавин с боковых частей лавиносбора при метелях (зависит от направления ветра).

При чередовании воронок и небольших треугольных осовов в нижней части склона лавины из воронок имеют невысокие скорости и небольшую дальность выброса, часто не выходят за пределы лотка; осы характеризуются небольшими объемами и маленькими дальностями выброса, что обусловлено небольшим превышением этих лавиносборов.

Такая классификация учитывает основные факторы, влияющие на параметры лавин, в том числе объем лавины и ее динамические характеристики, наиболее значимыми из которых являются дальность выброса лавины, дальность выброса воздушной волны лавины и давление лавины на препятствие. Именно определение этих характеристик являются приоритетным при решении прикладных задач по разработке мероприятий противолавинной защиты, поскольку дальность выброса воздушной волны лавины определяет нижнюю границу лавиноопасной зоны, а давление лавины на препятствие определяет уязвимость сооружения при воздействии на него лавинного тела и снеговоздушного облака.

Abstract. This article is about the classification of natural avalanche complexes of marine terraces of South Sakhalin. There are 7 types of natural avalanche complexes depending on the morphological structure of marine terrace.

The natural avalanche complexes of South Sakhalin are characterized by some features:

- altitude of slopes less than 200 m;
- high degree of recrystallization of snow cover;
- presents of zone of wind transfer of snow on the surface of terrace;
- active wind transfer of snow on sea shores, which provides additional snow in avalanche catchment;
- vegetation is represented by mostly grass or bamboo, which provides favourable conditions for recrystallization of snow cover, and also provides the sliding surface of the avalanche with small coefficients of friction;

These classification considered on the main factors influenced on the characteristics of avalanches (volumes, speed, pressure on the obstacles and run-out distance).

Характеристики снежных карнизов на западном побережье Южного Сахалина в зимнем сезоне 2012-2013 г.

Е.Н. Казакова, Н.А. Казаков

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

Characteristics of snow cornices on the west coast of South Sakhalin in winter 2012-2013

E.N. Kazakova, N.A. Kazakov

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

Обрушение снежных карнизов, образующихся на морских террасах Южного Сахалина, ежегодно причиняет значительный экономический ущерб населению и хозяйству острова. Их основная опасность в том, что зачастую обрушение карниза становится причиной схода лавины, которая, в свою очередь, приводит к завалу автомобильной или железной дороги, разрушению и повреждению зданий и сооружений и т.п.

На западном побережье Южного Сахалина было зафиксировано несколько случаев попадания людей в лавины, вызванные обрушением карниза. Для предотвращения вызываемого снежными карнизами ущерба необходимо принимать меры по защите: либо профилактическое обрушение карнизов с последующей расчисткой дорожного полотна, либо строительство сооружений инженерной защиты.

В зимнем сезоне 2012-2013 гг. сотрудниками лаборатории лавинных и селевых процессов СФ ДВГИ ДВО РАН проводились исследования снежных карнизов на западном побережье Южного Сахалина на трех участках автодороги г. Невельск – г. Томари – аэропорт Шахтерск (13, 143 и 153 км).

Для этих участков характерно благоприятное сочетание следующих факторов, обуславливающих формирование снежных карнизов:

- большое количество зимних осадков в сочетании с высокими скоростями ветров обеспечивает принос снега к бровке морской террасы;
- субгоризонтальная поверхность морской террасы представляет собой зону сноса снега ветром, которая обеспечивает дополнительный объем снега, приносимого к бровке террасы;
- травянистая или кустарничковая растительность на поверхности морской террасы не препятствует снегопереносу.

Параметры снежных карнизов, образовывавшихся на западном побережье Южного Сахалина в зимнем сезоне 2012-2013 гг., приведены в таблице 1.

**Таблица 1. Параметры снежных карнизов
образовывавшихся на западном побережье
Южного Сахалина в зимнем сезоне 2012-2013 гг.**

Дата	Слой	Тип снега	Плотность, г/см³	Толщина, м	Ширина выступаю- щей части, м	Длина, м
автодорога г. Невельск - с. Шебунино, 13 км						
11.01.13	1	свежий метелевый	0,15-0,22	1,0-1,5	1,0-1,8	50,0
	2	свежий метелевый	0,15-0,22	1,2-1,8	1,5-2,0	50,0
23.01.13	1	свежий метелевый	0,19	1,0-1,2	2,0-3,0	50,0
	2	свежий метелевый	0,34	1,0-1,8		
23.01.13	1	свежий метелевый	0,19	1,0-1,2	2,0-3,0	45,0
	2	свежий метелевый	0,34	1,5-2,8		
01.02.13	1	метелевый	0,17-0,19	1,0-2,5	1,5-2,0	-
06.03.13	1	метелевый	0,44	4,0	4,0	48,0
06.03.13	1	метелевый	0,45	3,0	3,2	45,0
06.03.13	1	метелевый	0,44	2,5	2,5	60,0
автодорога г. Невельск – г. Томари – аэропорт Шахтерск, 143 км						
20.02.13	1	метелевый	0,37-0,41	2,5-3,5	3,0-3,5	98,0
	2	режелационный	0,57	1,0-2,0		
автодорога г. Невельск – г. Томари – аэропорт Шахтерск, 153 км						
22.02.13	1	свежий метелевый	0,36	0,4	2,0-3,5	120,0
	2	гранный, лед	0,44-0,46	2,6-3,1		
22.02.13	1	-	-	1,0-1,2	1,0	60,0
05.03.13	1	метелевый	0,38	3,0	2,5	90,0
05.03.13	1	метелевый	0,29	2,0	2,0	45,0

Как видно из таблицы, плотность снежных карнизов варьировалась в пределах 150-570 т/м³. Толщина составляла чаще всего от 1 до 2 м, однако в некоторых случаях достигала 4 м. Длина карниза в отдельных случаях достигала 100-120 м.

Часть карнизов состояла из слоев разной плотности, сформированных в разное время.

Кроме того, в результате режеляционного метаморфизма нижние слои со временем уплотняются. Например, карниз, образовавшийся к 20.02.2013 г. на северном въезде в г. Томари (западное побережье о. Сахалин), состоял из слоев плотностью 0,25 г/см³, 0,28 г/см³, 0,37 г/см³, 0,44 г/см³ и 0,57 г/см³.

Скорость формирования снежных карнизов на западном побережье Южного Сахалина очень высока.

Например, после профилактического обрушения карниза 06.01.2013 г. уже 11.01.2013 г. на том же месте образовался карниз толщиной от 1,0 до 1,8 м с шириной выступающей части до 2 м (карниз состоял из свежего метелевого снега плотностью 0,15-0,22 г/см³).

Таким образом, благоприятное сочетание гидрометеорологических, геоморфологических и геоботанических факторов на побережьях Южного Сахалина обеспечивает условия для формирования снежных карнизов большого объема.

Abstract. This article is about the characteristics of snow cornices on the West coast of South Sakhalin in winter 2012-2013 (density of snow cornice, length, thickness, the rate of formation and type of snow).

The observations were carried out by the team of Sakhalin Department of Far East Geological Institute of Far Eastern Branch of Russian Academy of Science on three parts of sea coasts.

Density of snow cornices ranged between 150-570 tones/m³, thickness -1-2 m, length – 50-100 m.

Such characteristics due to favorable combination of morphological, meteorological and geobotanical factors on sea coasts of South Sakhalin.

Применение простой модели снежного покрова к системам предупреждения лавин

К. Нисимура¹, Ё. Ито¹, А. Коматсу², К. Танджи², Н. Матсуока²

¹Университет Нагоя, Нагоя, Япония;

²Японская метеорологическая ассоциация, Саппоро, Япония

Application of a simple snow cover model to avalanche warning systems

K. Nishimura¹, Y. Ito¹, A. Komatsu², K. Tanji², N. Matsuoka²

¹Nagoya University, Nagoya, Japan;

²Japan Weather Association, Sapporo, Japan

In Japan, almost half of the area is covered with snow in winter. To reduce the number of avalanche-related accidents, the Japan Meteorological Agency issues an avalanche warning. However, their method is based on the empirical rules and depends only on the air temperature and the estimated new snow fall. Moreover the warning covers an area as large as prefecture. In order to evaluate the avalanche danger, road and ski area managers as well as local communities strongly desire a more precise avalanche danger.

Firstly, we set our study site as Niseko ski resort area, and national highways in Wakkanai and Asahikawa, Hokkaido. Then a simple snowpack model was developed that can estimate snow temperatures and density from meteorological data including air temperatures and snowfall (or rainfall). A stability index SI can be obtained by applying the shear formulation and slope inclinations to the model. We have created an avalanche warning system that issues SI forecast from the system which is updated every hour.

Further, in a significantly windy area, the model could not accurately estimate snow cover profile only with the snowfall because in a windy area, snow is moved by winds as blowing snow. To obtain more accurate snow cover profile in windy areas, we have developed an algorithm that can be used to calculate snow transport so that enables the calculation of snow accumulation and erosion.

О методе расчета дальности выброса лавин по форме продольного профиля лавиносбора

И.А. Кононов, Д.А. Боброва

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

The method for calculation of the avalanche run-out distance by the form of longitudinal profile avalanche catchment

I.A. Kononov, D.A. Bobrova

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

За многолетний период наблюдений за лавинами на Сахалине был накоплен некоторый ряд данных о дальностях выброса лавин.

Рассчитанные значения дальности выброса лавин по наиболее часто встречающимся методикам имеют большой разброс относительно фактических данных.

Для лавин нового снега был проведен корреляционно-регрессионный анализ связи дальности выброса лавин с традиционно используемыми в расчетах входными параметрами (объем лавины, площадь лавиносбора, превышение лавиносбора, средний уклон лавиносбора, угол подхода лавины к подножию склона). Корреляционно-регрессионный анализ показал тесную связь между дальностью выброса лавины с одной стороны и превышением лавиносбора и уклоном в зоне транзита и отложения лавины с другой. При этом влияние таких параметров, как объем, площадь зарождения лавины, средний уклон лавиносбора, уклон в зоне отрыва лавины оказалось несущественным. Кроме того было замечено, что лавины, формирующиеся в одном и том же лавиносборе, но имеющие разные объемы, отличающиеся на порядки, имели одинаковую дальность выброса.

Результаты проведенного анализа дают основания полагать, что для лавин нового снега расчет дальности выброса можно проводить только на основе формы продольного профиля лавиносбора и его превышения.

Проверка данного предположения осуществлялась с применением методов восстановления регрессии, основанных на алгоритмах машинного обучения (рэндомизированные леса деревьев, деревья градиентного спуска и машины опорных векторов). Входными данными для указанных алгоритмов были форма склона и превышение. Выходными –

дальность выброса лавины. Форма склона была представлена вектором уклонов. Для получения данного вектора продольный профиль склона разбивался на несколько перекрывающих друг друга участков с равными проложениями, на каждом из которых вычислялся средний уклон. Обучение алгоритмов проводилось с применением метода кросс-валидации с общим числом фолдов равным 5.

При этом среднеквадратическая ошибка на отложенном контроле (на не участвовавших в обучении случаях) оказалась меньше ошибок известных методик на тех же данных.

Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее значимыми параметрами при расчёте дальности выброса лавин являются превышение и форма склона.

Лавинные геосистемы бассейна р. Гоначхир (Западный Кавказ)

М.Н. Петрушина

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии и ландшафтоведения, г. Москва, Россия

Avalanche geosystems of the Gonachkhir river basin (Western Caucasus)

M.N. Petrushina

Moscow state University, faculty of geography, Moscow, Russia

Бассейн р. Гоначхир, правого притока р. Теберда, относится к одним из наиболее лавиноопасных на Западном Кавказе. Он характеризуется значительными относительными высотами (до 1000-1890 м), обилием эрозионных форм рельефа (более 1 км/км²), в разной степени деформированными карами, особенно типичными для северных склонов с повышенным снегонакоплением, крутыми, нередко ступенчатыми склонами, что является хорошими условиями для активного схода лавин разного типа. В последнее десятилетие здесь отмечались крупные лавины, не сходившие в течение 30-50 лет и уничтожившие часть лесных комплексов в днище долины, по которому идет дорога на Клухорский перевал.

На основе созданной ландшафтной карты масштаба 1:50 000 и отдельных схем масштаба 1:10 000 на нижнюю часть бассейна р. Гоначхир (до впадения р. Буульген) с использованием полевых исследований, материалов лесотаксации, разновременных космических снимков TERRA (ASTER), World View-1, повторных наземных фотоснимков, цифровой модели рельефа проведено районирование бассейна по особенностям формирования и проявления лавин. Основными критериями выделения районов стали обилие и размеры лавинных геосистем, а также их структура, связанная с особенностями их формирования, частотой схода лавин неодинакового типа. Всего выделено 7 районов – четыре на южном и три на северном склонах.

Первый район на южном склоне отличается небольшими относительными высотами (600-800 м), преобладанием очень крутых скальных склонов с сосновыми лесами, активностью осыпных процессов и малым количеством лотков с лавинами небольших размеров. Для второго района характерны крутые склоны с относительной высотой до 1300 м, с четко выраженными узкими лавинными лотками, практически

с ежегодным сходом небольших лавин, останавливающихся на конусе или в русле и редким сходом крупных лавин, перекрывающих днище. Типичны также небольшие лотковые лавины и осовы, останавливающиеся на пологих склонах у верхней границы лесного пояса или в самом поясе. Здесь также отмечается сход редких селей с наиболее крупным, прошедшим в 2004 г. и осложнившим структуру лавинного конуса, селевые отложения которого в настоящее время активно зарастают березовым с ивой подростом. Третий район отличается относительной высотой до 1500 м, большой площадью зоны формирования лотковых лавин в луговом поясе, значительной дальностью выброса лавин (до 2500 м) с перекрыванием русла р. Гоначхир и более сложной структурой разновозрастных лавинных конусов. В последнее десятилетие здесь наблюдался сход крупных лавин, уничтоживших елово-пихтовый древостой возрастом до 50-60 лет. После схода крупных лавин началось достаточно быстрое зарастание конусов кустарниковой и древесной растительностью, в первую очередь березой, ольхой, черемухой, осиной. Под их пологом появляются ель и пихта. Для северного склона долины характерна серия деформированных каров, лучше выраженная ступенчатость склонов, ежегодная лавинная активность с разгрузкой на выровненной поверхности плеча трога (на высоте 2100-2200 м) (район 5), что обуславливает безопасность для днища долины в пределах этого района. Большую опасность представляют лавины 4 и 7 районов южного и северного склонов соответственно. Так, для 7 района характерно площадное воздействие лавин, связанное с особенностями морфолитогенной основы – отсутствием каров и выраженных лотков. В связи с этим в нем преобладают комплексы с кустарниковыми и криво-лесными сообществами, площадь темнохвойных лесов крайне мала.

Использование индикационных методов при изучении структуры и динамики ландшафтов зон воздействия лавин и селей в Приэльбрусье

К.А. Соколова, М.Н. Петрушина

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

Studying landscape structure and dynamics under avalanche and debris flow influence in Prielbrusie using indication methods

K.A. Sokolova, M.N. Petrushina

Moscow state University, faculty of geography, Moscow, Russia

Приэльбрусье – один из наиболее селеопасных и лавиноопасных районов России. Актуальность изучения зон воздействия снежных лавин и селевых потоков обусловлена возрастающим антропогенным воздействием на ландшафты верхней части долины р. Баксан, где лавины и сели часто угрожают хозяйственным объектам. Изучение особенностей структуры, функционирования и динамики горных ландшафтов позволяет выявить наиболее информативные индикаторы частоты и мест схода лавин и селей, что может быть использовано при разработке методов снижения их воздействия на инфраструктуру.

Цель данного исследования – выявление особенностей структуры и динамики ландшафтов зоны воздействия лавин и селей для индикации их активности. Основными методами были выбраны дендроиндикация и дешифрирование серии разновременных космических и аэрофотоснимков.

Всего отобрано 48 кернов, по два с каждого модельного дерева. Керна были обработаны по стандартной методике, построены древесно-кольцевые хронологии (ДКХ) по ширине годичного кольца. Установлено, что согласованность ДКХ внутри площадок и между ними различна; наибольшая корреляция приростов характерна для площадки, наиболее часто подверженной влиянию экзогенных процессов. Наиболее высокая корреляция наблюдается между площадками, расположенными на лавинно-селевом конусе у подножия склона южной экспозиции. Следует отметить, что возраст древостоя подтверждает данные лихеноиндикации о периоде стабилизации отложений.

Индикация дат схода лавин и селей проведена с использованием визуального анализа попарных ДКХ каждого модельного дерева. Информативными признаками стали механические повреждения и резкие из-

менения в динамике прироста. Анализ показал, что лучше всего индицируются крупные события; мелкие лавины и сели не вызывают значимого отклика. Достоверными считались отклики на события, видимые на нескольких деревьях. Всего выявлено 8 крупных лавин и селей с 1975 по 2008 год. Установлено, что вклад климатической составляющей в прирост невелик, а минимален он при наибольшем влиянии экзогенных процессов. Достоверная положительная связь установлена с температурами лета, ноября и декабря предшествующего года, температурами лета текущего года.

Анализ динамики ландшафтной структуры за последние 60 лет проведен на основании аэрофотоснимков, космических снимков и других картографических материалов. Построена картосхема ландшафтной структуры на весь полигон исследования и более детальная – на зону аккумуляции лавин и селей, отличающуюся наиболее сложной структурой. Выявлено, что склоны разной экспозиции характеризуются неодинаковой активностью схода лавин и селей: селевая активность выше на склоне южной экспозиции, лавинная активность – на склоне северной экспозиции. Для зон разной силы и частоты воздействия лавин и селей отмечены разнонаправленные тенденции в динамике геосистем: за период исследования лесистость на северном склоне увеличилась, на южном – уменьшилась. Выявлены три зоны распространения лавин разной силы и частоты: небольшие (ежегодно – раз в 3-5 лет), средней силы (раз в 5-20 лет), крупные и гигантские (раз в 30-50 лет).

В результате исследования на основе применения индикационных методов были выявлены некоторые особенности структуры, функционирования и динамики ландшафтов зон воздействия лавин и селей в верхней части долины р. Баксан. Можно отметить, что деревья на лавинно-селевых конусах близ поляны Нарзанов не находятся на климатическом пределе своего распространения. Для дальнейшего изучения воздействия лавин и селей на характер древостоя следует привлекать дополнительные полевые материалы, данные по плотности и анатомии древесины, новые статистические алгоритмы. Ландшафтное дешифрирование показало себя надежным способом выявления как пространственной, так и временной неоднородности ландшафтов, находящихся под регулярным воздействием лавин и селей.

Чувствительность расчётной дальности выброса лавин к характеристикам подстилающей поверхности

С.А. Сократов, Ю.Г. Селиверстов, А.Л. Шныпарков

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, географический факультет, Лаборатория оценки природных рисков и НИЛ снежных лавин и селей, г. Москва, Россия

Sensitivity of modeled snow avalanches run-off distance to the characteristics of an underlying surface

S.A. Sokratov, Yu.G. Seliverstov, A.L. Shnyparkov

Moscow state University, faculty of geography, Natural Risk Assessment Laboratory & Research Laboratory of Snow Avalanches and Debris Flows, Moscow, Russia

Основными характеристиками снежных лавин, требующими учёта при проектных изысканиях и обосновании мер защиты, является дальность выброса и сила удара (давление на препятствие) возможной лавины. Данные характеристики физически взаимосвязаны. Существует ряд методик расчёта данных характеристик, а также работы по сравнению получаемых результатов между собой и с данными фактических наблюдений. При этом целью таких работ преимущественно является подбор формулы, предоставляющей результаты, наиболее близкие к наблюдаемым величинам в определённых природных условиях.

Предложенные эмпирические и физические формулы, отличаясь по форме, имеют примерно одинаковое содержание, включающее в себя ускорение по мере движения лавинного потока вниз по склону и торможение за счёт внутреннего трения и взаимодействия с подстилающей поверхностью. Подбор соответствующих коэффициентов авторами основывается на имеющихся данных наблюдений за сошедшими лавинами, поэтому любые отклонения расчётных значений от реальности, при применении формулы в новых условиях, с одной стороны - вполне ожидаем, а с другой, вне зависимости от используемой методики - несёт в себе определённую информацию о влиянии внутреннего трения и подстилающей поверхности на движение лавины.

Пользуясь данными по изменению характеристик подстилающей поверхности в результате хозяйственного освоения склонов, мы оценили чувствительность расчётной дальности выброса лавин к изменению угла наклона лавиноопасного склона (определяющего ускорение) и к изменению характера подстилающей поверхности (определяющей торможение). В зависимости от рельефа лавинного лотка влияние таких изменений в отношении дальности выброса оказывается разным, но

может достигать значительных величин (до десятков процентов), что, несомненно, должно учитываться при проведении изысканий.

Abstract. The main snow avalanches parameters required from the engineering surveys and for the justification of the planned mitigation measures are the run-off distances and the impact forces (which are physically interconnected). There is considerable number of the methods of the calculation of these characteristics. There are works on comparison of the results provided by different methods and on their correspondence to the observed values. The aim of such works is mainly selection of a mathematical construction allowing the modeled results to be closer to the actually measured ones under certain natural conditions. The existent empirical and physical formulations have approximately same content; despite they differ in their representation. They include acceleration on the way of the avalanche flow downhill and deceleration due to internal friction and interaction with the underlying surface. The authors' selection of the corresponding coefficients is based on the existent observational data. That is why any departure of the calculated results from the reality can be expected when the formulation is applied under other conditions. On the other hand, regardless the selected formulation, such departure contain information on the effect of the internal friction and of the underlying surface on an avalanche movement.

We used the data on the change of the slope surface by reclamation and construction for estimation of the sensitivity of the modeled snow avalanche run-off distance to such activity. The parameters changed were the slope angle (determining the acceleration) and the characteristics of the slope surface (determining deceleration). The effect of such changes varied with the geometry of the avalanche chute, but in terms of the run-off distance the change could reach considerable values – up to tens percent. This should undoubtedly be accounted for at the stage of a construction planning.

Оценка лавинного риска на горнолыжных курортах

А.Л. Шныпарков, С.А. Сократов,

Ю.Г. Селиверстов, А.Ю. Комаров

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
географический факультет, Лаборатория оценки природных рисков
и НИЛ снежных лавин и селей, г. Москва, Россия*

Estimation of the snow avalanches risk at ski resorts

A.L. Shnyparkov, S.A. Sokratov, Yu.G. Seliverstov, A.Yu. Komarov

*Moscow state University, faculty of geography, Natural Risk Assessment Laboratory
& Research Laboratory of Snow Avalanches and Debris Flows, Moscow, Russia*

Активное освоение Северного Кавказа, выражающееся в проведении изысканий и начале строительства серии горно-туристических курортов в данном регионе потребовало, в числе прочего, оценки лавинной опасности и предложения методов защиты для каждого из них. Методика проведения таких работ известна и регламентирована, однако включает в себя преимущественно технические параметры, требуемые подрядчиками на строительство.

Нам показалось интересным провести сравнение курортов между собой, с использованием таких характеристик как коллективный и индивидуальный риск. Для этого с помощью программы для расчёта динамических параметров лавин на трёхмерной топографической основе RAMMS были определены лавиноопасные участки и возможные на них скорости лавин. С использованием имеющихся данных по планируемому количеству горнолыжников на каждом из курортов и о расположении трасс было проведено сравнение.

В единицах выражения коллективного риска, самым безопасным оказался курорт Матлас, далее, по возрастающей, Лагонаки, Ведучи и Мамисон, причём разница между крайними значениями составляет два порядка.

Abstract. Intensive land development in the Northern Caucasus includes engineering surveys and the start of building of a series of mountain tourist resorts in there. Among other things, this activity requires estimation of the snow avalanches danger and development of mitigation measures for each of the resorts. The methodology of such works is known and restricted. It mainly includes technical parameters used by the building contractors.

It seems interesting to compare the resorts between each other on the basis of such parameters as complete social (collective) and individual risk. To do so, a model for calculation of the dynamical parameters of snow ava-

lanches in 3D topography RAMMS was used to determine the avalanche-endangered area and possible avalanche velocities over them. Incorporating the available data on the planned quantity of skiers at each resort and positioning of the ski pistes the comparison was made.

In the units of the collective risk the safest ski resort was Matlas. The others, in the line of ascent, were Lagonaki, Veduchi and Mamison. The difference between the first and the last was two orders of magnitude.

Математические модели склоновых потоков

М.Э. Эглит¹, Ю.А. Дроздова²

¹*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
механико-математический факультет, г. Москва, Россия;*

²*РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, г. Москва, Россия*

Mathematical models of slope flows

M.E. Eglit¹, Ju.A. Drozdova²

¹*Moscow state university, Moscow, Russia;*

²*Gubkin Russian university of oil and gas, Moscow, Russia;*

В докладе дается краткое описание, классификация и примеры калибровки математических моделей склоновых потоков, таких как снежные лавины, сели, оползни, каменные обвалы. Представлены модели, описывающие поток как материальную точку в общем случае переменной массы, модели, описывающие вытянутые потоки, но с осреднением по глубине, и модели, учитывающие распределение динамических параметров как по длине, так и по глубине потока. Особое внимание уделено способам учета в разных моделях захвата потоками материала склона и вовлечения его в движение.

Работа поддержана РФФИ (проект 11-01-00188a).

Abstract. A brief description, classification and examples of calibration of mathematical models of slope flows such as snow avalanches, debris flows, rockslides and so on are given. Three types of models are considered: 1) models describing a flow as a motion of a mass point with variable mass, 2) those describing extended flows using depth averaging over the flow depth and 3) models taking into account the distribution of the flow parameters both over the flow length and depth. The ways of modeling the bed material entrainment by the flows are discussed.

The work was supported by RFBR (project 11-01-00188a).

Раздел IV

Разные вопросы снеговедения

Part IV

Different Aspects of Snow Studies

Оценка климатических характеристик снежного покрова с использованием методов теории очередей

Г.Е. Глазырин

Национальный университет Узбекистана, г. Ташкент, Узбекистан

Evaluation of climatical snow cover characteristics by a technique based on queuing theory

G.E. Glazirin

National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

Предлагается методика расчета среднего многолетнего числа дней со снежным покровом и максимального водного эквивалента снега. При некоторых допущениях проблема может быть сведена к одной из задач теории очередей (теории массового обслуживания). «Потоком требований» при этом служат суммы осадков за отдельные снегопады, а таяние снега является «обслуживанием». В случае, когда снег не успевает стаять за очередной безосадочный период, образуется «очередь». Так, начало осеннего снегонакопления может с этой точки зрения рассматриваться как система массового обслуживания, в которой интенсивность потока требований больше интенсивности обслуживания. Исходной информацией являются средние многолетние месячные суммы осадков и средние месячные значения температуры воздуха. Законы распределения длин промежутков с осадками и без них, а также интенсивностей снегопадов, зависящие от названных месячных величин и входящие в расчетные формулы, оказались едиными практически для всей территории Памира и Тянь-Шаня и для большого диапазона высот. Проверка, выполненная двумя способами, показала хорошую сходимость рассчитанных и наблюдаемых величин. Методика может быть применена для оценки климатических характеристик сезонного снежного покрова, для изучения влияния летних снегопадов на режим ледников, для построения карт «уровня 365».

Abstract. The calculation method of the mean for many years number of the days with snow cover and maximal water equivalent of snow is proposed. Under some assumptions the problem can be presented as one of the problems of the queueing theory. Precipitation amounts for individual snowfalls form "flow of the requests" and snow melting forms "flow of service". "The queue" is formed when snow does not melt completely for the next period without precipitation. So, start of snow cover formation in autumn can be considered as the queue from this point of view when the flow of the requests is more than flow of service. Data for the calculation are mean for

many years monthly precipitation and air temperature. Distribution laws of length of time intervals with precipitation, time intervals without precipitation, as well as snowfall intensities, depending on monthly data, were found uniform for the whole territory of the Pamirs and Tien Shan and wide range of altitudes. The method verification was made by two ways. It has shown good enough convergence of calculated and observed values. The methods can be applied for estimation of the climatic features of the seasonal snow cover, for evaluation of summer snowfall to glaciers regime, for maps of “the level 365” developing.

Лабораторное исследование влияния внешних воздействий на процесс таяния снежного покрова

И.И. Грицук, Е.И. Дебольская, В.К. Дебольский, О.Я. Масликова
ФГБУН Институт водных проблем РАН, Москва, Россия

The laboratory investigation of external influences on the process of snow melting

I.I. Gritsuk, E.I. Debolskaya, V.K. Debolsky, O.Ja. Maslikova
Water Problems Institute of RAS, Moscow, Russia

Проведено лабораторное исследование процесса непрерывного снеготаяния с последующей инфильтрацией талых вод в грунт в зависимости от свойств (различной начальной плотности, толщины слоя и температуры) снега. Рассмотрено воздействие дождевых потоков и радиационного излучения Солнца на процесс снеготаяния.

Роль снеготаяния в процессе разрушения берегов и русел рек изучена слабо, в то время как весеннее изменение температуры, а вместе с ней и превращение снега в воду и образующиеся потоки воды играют роль даже большую, чем влияние дождевых потоков. В гидравлической лаборатории РУДН на установке, позволяющей измерять количество инфильтрационных потоков во времени, была проведена серия экспериментов по изучению различных возможных внешних воздействий на процесс снеготаяния.

Конвекционное снеготаяние происходит за счет притока теплых воздушных масс и приводит на первой стадии к перекристаллизации снега. В снеге накапливается все больше воды, и когда достигается предельная масса воды (показатель, характеризующий влагоудерживающую способность снега), происходит обрушение талых вод. Это самый интенсивный в плане размыва период. Далее наступает заключительная фаза – плавное снеготаяние, которое по причине уменьшающейся массы оставшегося снега (при заданном постоянном начальном объеме) носит экспоненциальный характер, постепенно затухая до нуля к моменту окончательного стаивания снежного покрова.

При наличии дождя процесс снеготаяния имеет более сложный характер. Происходит наложение нескольких процессов: значительно сокращается фаза аккумуляции воды в фирне, фаза непрерывного таяния совмещается с фазой последующей аккумуляции. Дождь усиливает интенсивность процесса и изменяет предельное значение содержания воды в фирне во времени. Графики функций зависимо-

сти инфильтрации от интенсивности дождя имеют несколько максимумов, что особенно заметно при большей интенсивности дождя. Скорость инфильтрации в данном случае стремится не к нулевому значению, а к значению интенсивности дождя, выбранное для данного эксперимента.

Радиационное снеготаяние было исследовано посредством воздействия на тающий снег ультрафиолетовых и инфракрасных лучей различной интенсивности. Были выявлены основные различия воздействия коротких и длинных волн на таяние снега. Снег совершенно непрозрачен для лучей длинных волн красной части спектра (ИК-лучей). Он их почти полностью отражает. Коротковолновые лучи (УФ-лучи) проходят сквозь тонкий поверхностный слой снега свободно. Таяние под воздействием этих лучей начинается не сверху, а в глубине снежного покрова под поверхностной прозрачной ледяной пленкой.

Лабораторное исследование возможных причин таяния снега во времени как отдельных факторов при положительных постоянных температурах (при исключении дополнительных внешних условий) дает возможность выявить основные закономерности этого физического процесса и в дальнейшем накладывать сложные внешние условия, такие как суточный ход весенних температур, изменение среднего тренда температуры, а также рассматривать отдельные факторы таяния снега в различных комбинациях.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 11-05-00393, 11-08-00202).

Abstract. The laboratory investigations of the continuous snow melting and infiltration of melt water into the ground, depending on the properties of the snow (initial density, thickness and temperature) were carried out. The impact of rain flows and radiation of the sun on the snow-melting process were examined.

The role of snowmelt in the process of destruction of the coast and the river channel has been little studied, whereas the spring temperature change and the transformation of snow into water and the resulting flow of water play a role even greater than the impact of rainwater flows. In the hydraulic laboratory of People's Friendship University of Russia a series of experiments to study the various possible external influences on the process of snow melting were carried out at the facility, which allows to measure the amount of seepage flow in time.

1. *Convection snowmelt* occurs due to the inflow of warm air masses and leads to the recrystallization of snow at the first stage. More and

more water accumulates in snow, and when the limit mass of water reaches (the water holding capacity), there is an avalanche of melt water. It is the most intense period for erosion. Then the final phase comes. It is the smooth snowmelt, which has exponential character because of the decreasing weight of the remaining snow (at a given constant initial volume), gradually fading to zero by the time of the final melting of the snow cover.

2. If *there is rain* the snow melting process is more complex. There is a superposition of several processes: the phase of water accumulation in the firm is significantly reduced, the phase of the continuous melting coincides with the phase of the subsequent accumulation. Rain increases the intensity of this process and changes the limit content of water in the firm. The graph of the dependences of the infiltration from rain intensity has several peaks. This is especially noticeable at higher rainfall intensity. Infiltration rate in this case tends not to zero, and to the value of rain intensity which was selected for the experiment.

3. *Radiation snowmelt* was investigated by exposing of the ultraviolet and infrared rays of varying intensity on the melting snow. The main differences of impact of short and long waves on the snow melting were identified. Snow completely opaque for long-wave rays of the red part of the spectrum (infrared rays). It reflects them almost completely. Short-wavelength light (UV rays) pass through a thin surface layer of snow easily. The melting under the influence of these rays does not start from the top, but in the depth of the snow cover under the icy surface transparent film.

The laboratory investigation of possible causes of snow melting as separate factors under positive constant temperatures (at the exclusion of other external factors) makes it possible to identify the basic laws of the physical process and in the future to append difficult external conditions, such as the diurnal variation of spring temperatures, changes in the average temperature trend, and to consider individual factors of the snow melting in various combinations.

Погодные особенности зимнего периода 2012-2013 гг. в бассейне р. Мзымта (Западный Кавказ)

Ю.В. Ефремов

Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия.

Weather features of the winter period 2012-2013 in the basin of river Mzymta (Western Caucasus)

Yu.V. Efremov

Kuban state University, Krasnodar, Russia

В отличие от других зим последняя зима 2012-2013 гг. была значительно теплее и менее снежной, поскольку на юге европейской территории РФ преобладали теплые воздушные массы, приходящие со Средиземного моря. Устойчивое поступление теплого воздуха создало на Северном Кавказе и Черноморском побережье Кавказа своеобразный «остров тепла», который с севера граничил с холодными воздушными массами.

По этой причине в рассматриваемом регионе в зимние месяцы сложилась редкая синоптическая обстановка, отразившаяся на погодных условиях обширного Кавказского региона. Начало зимы в горах по сравнению с прошлым годом было поздним (Ефремов, 2012) и с преобладающей теплой погодой.

Ноябрь в горных районах Западного Кавказа был преимущественно теплым и сухим. Первый снег в горах (на высотах 2200-2800 м) выпал 6-7 ноября 2012 г. Позже в середине ноября при потеплении снег растаял, сезонная снеговая линия находилась на высоте 2600-2800 м н.у.м.

Температура воздуха колебалась от нескольких градусов тепла (на дне долины р. Мзымта) до -10°C на высотах свыше 2000 м н.у.м. Днем – оттепели, ночью – заморозки, нулевая изотерма проходила на высотах 2000-2500 м н.у.м. Осадки выпадали преимущественно в виде дождя и реже снега. Горы свыше 2000 м были покрыты снегом толщиной не боле 10 см.

Декабрь. Первые три дня этого месяца были теплыми с положительными температурами от 2 до 5°C , а затем похолодало, 6-8 декабря выпал снег, который покрыл склоны хребта от 1000 м и выше. Фактически наступила зима с легкими морозами и небольшими снегопадами. Толщина снежного покрова на гребне хребта 30-50 см и полностью снег отсутствовал ниже 1000 м. При таком снежном покрове нельзя говорить об открытии лыжного сезона.

Январь в первой половине характеризовался умеренными морозами, вторая декада месяца была теплее. В Красной Поляне наблюдалась погода с положительными температурами (от 0 до 10°C) и без снега. Сплошной снежный покров лежал выше 1000 м н.у.м. Здесь выпадало много осадков, было зарегистрировано 16 снегопадов с продолжительностью от 2-х до 18 часов, с интенсивностью-2-8 см/час и приростом снега 50-60 см. Лавины малого объема и в большей мере осовы сходили в пригребневой части хребта Аибга.

Февраль был сравнительно теплым. На высоте 1500 м отмечено 20 дней с положительной температурой, остальные дни температура воздуха не опускалась ниже 5°C. Снежный покров ниже 1000 м был неустойчивый, выше по склонам хребтов толщина снега колебалась от 1 до 3,5 м. Осадки в виде дождя выпадали неравномерно и в большей мере во второй декаде.

Март характеризовался резкими колебаниями температуры и непродолжительными осадками в виде дождя и мокрого снега. Наиболее теплой была вторая декада месяца, в которой регистрировались устойчивые положительные температуры воздуха в течение 9 дней. Толщина снега на высотах свыше 1500 м увеличилась до 380-400 см. В окрестностях Красной Поляны осадки выпадали в виде дождя и мокрого снега, который быстро таял. В конце марта в виду резкого потепления отмечались дожди и мокрый снег по всему высотному профилю. Можно предположить, что весна началась необычно рано, со второй половины марта.

Апрель характеризовался дальнейшим повышением температуры, обильными осадками преимущественно в виде дождя до высот 2000-2500 м. Устойчивые положительные температуры воздуха и дожди способствовали сходу мокрых лавин – осовов различного объема, которые угрожали строящимся олимпийским и другим рекреационным объектам.

Май характеризовался очень теплой погодой, нулевая изотерма проходила на высотах 2500 -3500 м н.у.м. Поэтому снег стоял намного быстрее, чем в прошлую зиму.

Выводы. Минувшая зима не оправдала надежд организаторов лыжных мероприятий из-за ненастной и теплой зимы, многие виды тестовых олимпийских соревнований переносились на другие сроки и места. Необычно ранняя и бурная весна заставила закрыть почти все горнолыжные трассы и прекратить все соревнования и другие массовые мероприятия.

Роль снежного покрова в формировании селевых потоков и оползней на Северо-Западном Кавказе

Ю.В. Ефремов

Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия

The role of snow cover in the formation of debris flows and landslides in the North-Western Caucasus

Yu.V. Efremov

Kuban state University, Krasnodar, Russia

Роль снега и снежных лавин в формировании селей и оползней до настоящего времени мало изучена. Цель данной работы – отразить особенности формирования селевых потоков при участии снега и снежных лавин.

Общеизвестно, что в зимнее время в горах сходят снежные лавины, а в теплый период при выпадении большого количества атмосферных осадков – селевые потоки. Однако, в условиях неустойчивой зимы с частыми оттепелями и выпадающими жидкими осадками возможно усиление селевых процессов и явлений. Такое возможно в горах на южном склоне Западного Кавказа, в районе Красной Поляны, где четко выражены зоны различной заснеженности горных склонов.

Для формирования селевых потоков важную роль играет зона неустойчивого снежного покрова. В указанном районе зона неустойчивого снежного покрова расположена до высоты 1200 м. Здесь в зимнее время часто бывают продолжительные оттепели и выпадают жидкие осадки, выпавший снег тает и при этом обильно смачивает склоны хребтов. Увлажненный рыхлый материал приобретает текучесть и тем самым способствует формированию селевых потоков.

Очаги лавинного типа часто являются не только источником снежных лавин, но и селевых потоков при положительной температуре воздуха и выпадении жидких атмосферных осадков. Лавины обладают значительной энергией. Поэтому при их падении на рыхлообломочный материал, лежащий в руслах и на склонах рек, происходит довольно часто переход его в текучее состояние и вызывает селевые потоки.

В районе Красной Поляны наиболее широко встречаются эрозионные очаги селей, водная составляющая которых формируется за счет таяния снега, реже ледников, выпадения обильных осадков (затяжных или кратковременных). Насыщение потока твердой составляющей происходит путем размыва ранее аккумулярованного в рус-

ле аллювия, пролювия мелких балок, делювиальных отложений, морен, а также при эрозии техногенных отложений (отвалов).

В последние годы в бассейне р. Мзымта активность селевых процессов и явлений значительно возросла. В ее нижнем и среднем течении в настоящее время существуют многочисленные антропогенные и техногенные объекты и строятся новые. В связи с предстоящим проведением Зимних Олимпийских игр Сочи-2014 в Красной Поляне и ниже ее в долине р. Мзымта строятся многочисленные объекты.

Многие из них строятся в селеопасных зонах вопреки существующим рекомендациям по уменьшению ущерба и риска в районах строительства. Некоторые сооруженные объекты создают потенциальную селевую опасность. Например, рыхлые отложения, возникающие при строительстве федеральной трассы ГЛК «Роза Хутор» и других олимпийских объектов, сбрасывались в русла мелких рек, впадающих в р. Мзымта. Скопление этого рыхлого субстрата при выпадении атмосферных осадков и таянии снега приводит к формированию селевых потоков в последние два года, которые в предыдущие годы здесь не наблюдались (Ефремов, 2012). Например, после значительного потепления с таянием снега и продолжительных ливней 2, 10, 12 апреля 2012 г. с левого склона р. Мзымта сходили селевые потоки, которые перекрывали строящуюся федеральную автотрассу п. Эсто Садок – устье р. Пслух и подпруживали р. Мзымта. При этом были разрушены некоторые строительные конструкции и засыпано полотно дороги на протяжении одного километра. Основным источником твердой составляющей селей были грунтовые отвалы, сброшенные в верховья малых рек и эрозионных врез.

Не всегда проектные решения и реализация конструкторских предложений соответствуют природным условиям и нередко построенные защитные сооружения разрушаются селевыми потоками и создают катастрофические ситуации. Яркий пример тому – противоселевая галерея, сооруженная на строящейся федеральной трассе Эсто Садок – устье р. Пслух (2,6 км вверх по дороге от устья руч. Сулимовский).

Во время схода селевого потока 10 апреля металлоффрированная конструкция была повреждена на ширину до 50 м, а 12 апреля конструкция пробита и разрушена на ширину до 80 м. Объем селевых отложений составлял от 2000 до 12 000 м³.

Таким образом, на фоне глобальных изменений климата с увеличением количества атмосферных осадков и непродуманной хозяйственной деятельности происходит усиление различных катастрофических процессов, в том числе и селевых.

Формирование зимнего баланса на леднике Центральный Туюксу

Н.Е. Касаткин, Ю.А. Ребров, А.В. Голенко

*ТОО "Институт географии" АО Национальный Научно-Технический Холдинг
"ПАРАСАТ", г. Алматы, Казахстан*

The formation of the winter balance on the glacier Central Tuyuksu

N.E. Kasatkin, Y.A. Rebrov, A.V. Golenko

LLP "Institute of geography" of the national Scientific-Technical holding "PARASAT", Almaty, Kazakhstan

На основе анализа измеренных характеристик баланса массы ледника Туюксу и данных многолетних метеорологических наблюдений на приледниковой метеостанции рассмотрены динамика составляющих баланса массы ледника за последние десятилетия. Приведены также результаты анализа измеренной температуры снежной толщи на леднике в сочетании с данными о температуре воздуха на приледниковых склонах.

При значительных межгодовых колебаниях составляющих баланса массы ледника, общий тренд его изменений за последние десятилетия оставался отрицательным, хотя в последние годы повторяемость лет со слабо положительным балансом массы несколько увеличилась вслед за положительной тенденцией изменения зимнего баланса массы.

Распределение максимальных снегозапасов на леднике и приледниковых склонах более или менее монотонно увеличивается по абсолютной высоте и сильно осложнено влиянием ветрового перераспределения снега. Наибольшее снегонакопление присуще подножию замыкающего ледник склона вблизи линии нулевого баланса (ELA), что в значительной мере связано с ветровым и лавинным перераспределением снега.

Снег как враг вечной мерзлоты

В. Г. Кондратьев

*ЗабГУ, Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова, НПП «ТрансИГЭМ», г. Москва, Россия*

Snow as permafrost enemy

V.G. Kondratiev

*Zabaikalsky state University, Moscow state University, scientific and production
enterprise «TransIGEM», Moscow, Russia*

Снежный покров, как известно, оказывает весьма существенное влияние на теплообмен на поверхности земли, причем это влияние многообразно: 1) белый снег, увеличивая альбедо поверхности и уменьшая поглощение лучистой солнечной энергии, охлаждает подстилающие почвы и горные породы; 2) снег, обладая малой теплопроводностью, как теплоизолятор предохраняет породы от теплопотерь зимой и утепляет их; 3) однако, задерживаясь весной, снег, как теплоизолятор, препятствует прогреванию поверхности земли.

Суммарный эффект влияния снега на температурный режим горных пород определяется как параметрами снежного покрова (мощность, плотность, сроки существования, режим снегонакопления), так и составом, влажностью горных пород, особенностями климата и рельефа. Чаще всего снег оказывает отепляющее воздействие на подстилающие горные породы и в этом смысле он враг их многолетнемерзлого состояния.

Снежный покров обладает большой изменчивостью как в связи с естественной эволюцией в природных условиях, так и особенно под воздействием техногенных факторов. Соответственно, изменяется и влияние снега на температурный режим горных пород, причем как во времени, так и в пространстве.

В докладе, на примере дорог, рассматривается как охлаждающее, так и отепляющее влияние снега, и поведение многолетнемерзлых пород в основании земляного полотна. Анализируются возникающие при этом проблемы и пути их решения.

Роль сезонного снеготаяния в процессе разрушения берегов водных объектов в условиях криолитозоны

О.Я. Масликова

ФГБУН Институт водных проблем РАН, г. Москва, Россия

Role of seasonal snow melting in the destruction of coastal water bodies in cryolithozone

O. Ja. Maslikova

Water Problems Institute of RAS, Moscow, Russia

На рисунке 1 приведено схематическое распределение потоков жидкости в сезонноталом слое грунта, находящегося в криолитозоне. Очевидно, что в условиях оттаивания породы происходит перераспределения долей жидкости в каждом блоке, а именно: увеличивается доля талых потоков, при этом изменяется коэффициент проводимости грунта и, соответственно, - предельно возможный объем влаги для данного вида почв. Как следствие, изменяется возможная инфильтрация в грунт и, как следствие, изменяется во времени доля склоновых потоков. По окончании оттаивания грунта процесс движения влаги внутри склона стабилизируется, и доля склоновых потоков будет зависеть только от атмосферных осадков.

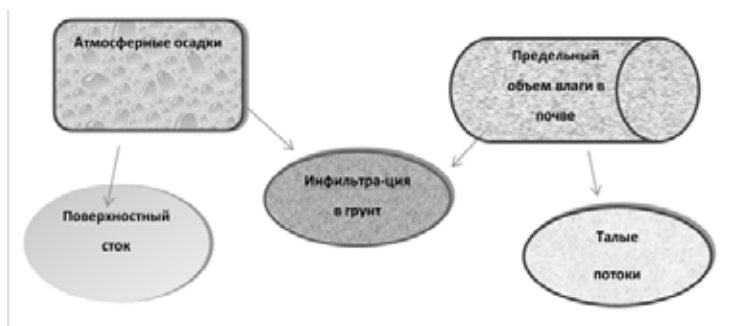


Рисунок 1. Схема распределения потоков жидкости в сезонноталом слое берегового склона.

Таяние снега происходит, когда температура его поверхности становится равной 0°C . Скорость таяния M выражается в $\text{кг}/(\text{м}^2\text{с})$, или $\text{мм}/\text{с}$ для водно-эквивалентной толщины слоя и определяется как:

$$M = E_{\text{melt}} / L_i \quad (1)$$

где L_f – удельная теплота таяния (замерзания), Дж/кг; E_{melt} – затраты тепла на таяние, Вт/м².

Снеготаяние разделяют на конвекционное (тепловое) и радиационное. Конвекционное снеготаяние происходит при пасмурной погоде за счет притока теплых воздушных масс. При радиационном снеготаянии под действием проникающих в снег солнечных лучей он тает не только на поверхности, но и в верхнем слое толщиной 20-40 см. Используя закон, по которому интенсивность приходящей солнечной радиации ослабевает с глубиной (закон Бугера-Ламберта), учитывая изменение альbedo снега в процессе таяния и рассматривая уравнение (1) как интегральную сумму возникающих потоков по толщине снежного покрова, получаем:

$$M = \frac{I}{L_i} (1 - e^{-\beta z}) (1 - A(t)) \quad (2)$$

Где $A(t)$ – изменение альbedo от времени, β – коэффициент экстинкции (ослабления, м⁻¹) радиации на глубине z м от поверхности снега.

В гидравлической лаборатории РУДН была проведена серия экспериментов по изучению воздействия ультрафиолетовых и инфракрасных лучей различной интенсивности на характер снеготаяния. Были получены зависимости интенсивности снеготаяния исключительно от воздействия УФ и ИК-радиации.

Формула (2) описывает характер снеготаяния по времени в зависимости от интенсивности падающей солнечной радиации, толщины изначального снежного покрова и коэффициента экстинкции β . Все параметры у нас – постоянные величины, кроме изменяющегося во времени альbedo. Из формулы видно, что при отсутствии снежного покрова (толщина $z=0$) никакого таяния происходить не будет.

Из уравнения (2), зная входные параметры и интерполируя экспоненциальной зависимостью полученные после вычитания конвекционной составляющей графики M (рис. 2), можно при желании получить график зависимости альbedo от времени при воздействии лучей разной природы:

$$A(t) = 1 - \frac{M_{эксп} L_i}{I(1 - e^{-\beta z})} \quad (3)$$

Показано, что под воздействием ИК-лучей альbedo изменяется и достигает нулевого значения быстрее, хотя начальное значение близко к 1, что означает практически полное отражение в начале таяния. УФ-волны практически сразу проникают вглубь снега, чем и объясняется меньшее отражение с поверхности, но альbedo под воздействием УФ-лучей уменьшается с меньшим коэффициентом. Период максимума таяния для случая с ИК-лампами наступает быстрее.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 11-05-00393, 11-08-00202).

Снежный покров как фактор активизации склоновых геодинамических процессов (селей, оползней) южного Сахалина

С.В. Рыбальченко

Сахалинский филиал ДВГИ ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

Snow cover as a factor of activation of slope of geodynamic processes (mudflows, landslides) of southern Sakhalin

S.V. Rybalchenko

Sakhalin Department of FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Снежный покров и активная лавинная деятельность играют значительную роль в активизации склоновых геодинамических процессов (селей, оползней) Южного Сахалина. При этом большое значение имеет количество снега, накопленное за зиму, режим снеготаяния, характеризующийся средней температурой воздуха за апрель – май, и обильные весенние ливни. Таяние снега на юге о. Сахалина начинается в начале апреля, в горах снег тает позже и может сохраниться до конца июня.

Роль снежного покрова в активизации склоновых геодинамических процессов (селей, оползней) Южного Сахалина проявляется в:

- перенасыщение грунта талой водой, вызывая его течение и оплывание. Массовое образование оползней весеннего снеготаяния на юге о. Сахалина происходит в мае - июне. Оползанию подвергаются обычно лишь почвенный горизонт и лежащий ниже маломощный делювий. Так, в конце марта 2013 года на автодороге Шебунино - Горнозаводск сошел крупный оползень. Общий объем грунта, отложенный на поверхности автодороги, составил около 5000 м³. Общая длина завалов составила около 200 м, высота завалов достигала более 2 метров;

- участие талых вод в формировании массового схода селей при наложении значительных жидких осадков на период активного снеготаяния. В мае - июне происходит активизация селевых процессов, связанная с переувлажнением грунтов в потенциальных селевых массивах. Грунты, переходя в текучее состояние, трансформируются в селевой поток. Чаще всего в этот период формируются склоновые сели: вязкие грязевые и грязекаменные потоки повышенной плотности. Последний период массового формирования селей весеннего снеготаяния был отмечен в начале июня 2010 года в Макаровском районе на 219 км автодороги Оха-Южно-Сахалинск. Селевые потоки носили оползневой характер зарождения, так как твердой составляющей для селевых для

них послужили переувлажненные оползневые отложения, которые благодаря сильному предварительному увлажнению находились в состоянии текучести. Водная составляющая образовалась в результате интенсивного таяния снега в горах. По составу селевой массы преобладали грязекаменные потоки. Причиной послужило наложение интенсивных осадков на период активного снеготаяния. Резкий подъем температуры воздуха сопровождался выпадением жидких осадков до 60 мм. Это обеспечило обилие воды (от дождя, талых вод, запаса воды в снеге и грунте), сход снежных лавин, оползней-оплывин с последующим их прорывом и образованием селей.

- формирование водоснежных потоков. Период формирования водоснежных потоков в южной части острова приходится на третью декаду марта - вторую декаду апреля. На о. Сахалин водоснежные потоки значительно превосходят селевые потоки других типов по скорости и дальности выбросов и формируются в период снеготаяния даже при отсутствии жидких осадков. Следы водоснежных потоков отмечались на юго-восточном побережье Южного Сахалина (г. Клокова, г. Умань), где формируются на обращенных к Охотскому морю горных склонах (абсолютные отметки хребтов - до 860 м) на расстоянии 3 - 5 км от береговой линии.

Влияние лавин на активизации склоновых геодинамических процессов (селей, оползней) Южного Сахалина проявляется:

- в уничтожении селеохранных лесонасаждений и препятствии его восстановления;

- вследствие активной лавинной деятельности в руслах водотоков наблюдается значительное количество выбитого и перенесенного лавинами леса. Это создает динамические особенности прохождения селевых потоков. Часто образуются заломы (заторы), особенно у мостов, что вызывает подпруживание и, как следствие, размыв полотна дорог на подходах к мостам;

- эродируя склоны и загромождая русла селеносных рек и ручьев большим количеством рыхлообломочного материала, лавины существенно повышают селевую активность бассейнов.

Численное моделирование сезонной эволюции снежного покрова в различных климатических условиях с применением ансамблевого подхода

А.Б. Шмакин, В.С. Сократов

ФГБУН Институт географии РАН, г. Москва, Россия

Numerical modelling of seasonal evolution of the snow cover in various climatic conditions, using ensemble approach

A.B. Shmakin, V.S. Sokratov

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Представлены результаты расчетов на численной модели теплового и водного баланса на суше SPONSOR. Численные эксперименты выполнены для участков, расположенных на Земле Франца-Иосифа с сильными ветрами и низкими температурами, Дукант в западном Тянь-Шане с обильным и относительно теплым снегом, Валдай в западной России с высокой межгодовой изменчивостью погодных условий, центральной Канаде с сухой холодной зимой и в других условиях, включая полигоны эксперимента сравнения моделей SnowMIP. Модель включает параметризацию кристаллической трансформации снежных слоев вследствие вариации метеорологических условий и свойств снега: возраста, гравитационного уплотнения, таяния при оттепелях, преобразований воды в снеге, специфических процессов в снегу под пологом леса и т.д. Показано, что метелевое испарение играет значительное влияние на толщину и массу снега на территориях с сильными ветрами, в частности в Арктике. В районах с регулярными оттепелями в течение зимы необходимо обращать особое внимание на их воспроизведение в терминах водного эквивалента снега и его толщины, включая возможное перезамерзание жидкой воды в снеге. В целом модель воспроизводит водный эквивалент и толщину снега с хорошей точностью, хотя для Земли Франца-Иосифа с очень сильными ветрами и очень переменными условиями облачности качество результатов снижается. Для лесных районов качество вычислений на модели довольно хорошее. На всех полигонах модель точнее воспроизводит начало и конец снежного сезона, в то время как в середине сезона ошибки в вычислениях выше. В модели имеется ряд параметров, которые трудно определить заранее, поэтому используется ансамблевый подход, в котором многократный прогон модели с различными значениями параметров образует набор решений, варьирующих около среднего режима. В таких случаях качество модели проверяется по тому, насколько набор решений соответст-

вует возможному разбросу характеристик снега с учетом неопределенности исходных параметров.

Abstract. Results obtained by simulating snow characteristics with a numerical model of land surface heat and moisture exchange SPONSOR are presented. The numerical experiments are carried out for Franz Josef Land with strong winds and low temperatures, Dukant in Tien Shan mountains with abundant relatively warm snow, Valdai in western Russia with large interannual weather variability, central Canada and other locations, including those of SnowMIP experiment. The model includes parameterizations of crystal transformation of snow layers due to variations of meteorological conditions and snow age, gravitational compaction, melting during warm events, liquid water transformations in snow, specific processes in the forest, etc. Blizzard evaporation is shown to have great influence on snow depth at territories with high wind speed, in particular in the Arctic. At locations with regular warm events during winter, one should pay special attention to their modelling in terms of snow water equivalent and depth, as well as possible re-freezing of liquid water within the snow cover. Generally the model calculates the snow water equivalent and depth with good quality, although for Franz Josef Land with very strong winds and very variable cloudiness the results are of poorer quality. For forest locations, the quality of model results is quite good. At all locations, the model is more precise in terms of beginning and end of the snow season, while in the middle of the season it gives somewhat larger errors. In the model, there are some parameters difficult for quantification, so an ensemble approach is used, where multiple model runs with variable parameters can produce a set of outputs around the average regime. In such cases, the modeling quality can be controlled by possible scatter of the outputs and how it corresponds to the existing uncertainty of input parameters.

Раздел V

Проектирование и строительство зданий и сооружений в снежных регионах

Part V

Design and Construction of Buildings and Structures in the Snowy Regions

Размещение снежных полигонов на урбанизированной территории: инженерно-геологические и экологические аспекты

**Ю.В. Генсировский¹, Н.Н. Ухова²,
В.А. Лобкина¹, Т.Г. Рященко², С.И. Штельмах²**

¹ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,
Сахалинский филиал, г. Южно-Сахалинск, Россия;

²ФГБУН Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, Россия

Locaing snow fields on the urbanized territory: geotechnical and ecological aspects

**Yu.V. Gensiorovsky¹, N.N. Ukhova²,
V.A. Lobkina¹, T.G. Riashchenko², S.I. Stellmach²**

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

²Institute of the Earth's Crust, SB RAS, Irkutsk, Russia

Выбор площадей под снежные полигоны, является сложной инженерно-геологической и экологической задачей, которая в настоящее время не имеет удовлетворительного решения.

Рассмотрим проблему складирования снега на примере г. Южно-Сахалинска.

При складировании большого количества загрязненного снега (за зимний сезон в г. Южно-Сахалинске его объем может достигать до 5 млн. м³) возможно образование участков многолетнемерзлых пород не свойственных Южному Сахалину.

Подсчет объема снега накапливаемого в снежных полигонах г. Южно-Сахалинска, был выполнен по результатам обмеров площадей занятых полигонами.

Вода, образующаяся в процессе снеготаяния, оказывает существенное влияние на состав и физико-химических свойств грунтов подстилающей поверхности полигона, а изменение влажности и степени водонасыщения грунтовых толщ ослабляет их прочностные свойства.

Так как, основание полигона не имеет гидроизоляцию по всей его площади, а талые воды не подвергаются сбору и очистке, происходит проникновение загрязняющих веществ в почву и подстилающие полигон грунты. Для оценки изменения химического состава и физико-химических характеристик грунтов основания полигона необходимы мониторинговые исследования. На первом этапе был выполнен химический и микроэлементный анализ грунтов полигона, определены параметры гранулометрического состава и показатели фи-

зического состояния грунта. Анализы проводились в Аналитическом центре ИЗК СО РАН.

Кроме этого, загрязненная вода из тела полигона поступает в близлежащие водные объекты, оказывая негативное воздействие на биоту.

В результате анализа содержания загрязняющих элементов в пробах снега с полигона, который был выполнен в лаборатории аналитической химии ФГБУН ДВГИ ДВО РАН, было установлено, что в пробах талой воды из тела полигона превышение ПДК обнаружено по четырем ингредиентам 4-ого класса опасности: NH^{4+} , Al, Fe, Mn, причем ПДК по Fe превышено в 8 раз, по Mn в 5 раз.

Abstract. One of the difficult geological and environmental problems is the selection of the areas for the snow fields. At present, this problem is not solved satisfactorily. When storing a large amount of contaminated snow (for the winter season to 5 million m^3) the formation of areas of permafrost is observed which are not characteristic of Southern Sakhalin.

This paper presents data on the amount of snow accumulated in the snow fields in Yuzhno-Sakhalinsk, the chemical composition and physical and chemical characteristics of soils of the landfill surface, and chemical indicators of melt water from the landfill body.

Calculation of the amount of snow accumulated on the snow fields of Yuzhno-Sakhalinsk, was made by the results of measurements of the areas occupied by polygons.

The melting of snow have a significant impact on the change in the composition and physical and chemical properties of soils of the landfill surface and the change in moisture and the degree of water saturation of soil strata reduces their strength properties.

Since, the base of the landfill has no waterproofing on the entire area, and the melted water is not subjected to collect and clean up, there is penetration of contaminants into the soil and underlying ground soils. To assess the changes in the chemical composition and physical-chemical characteristics of the soil base landfill monitoring studies are needed. In the first phase was carried out chemical and trace element analysis of soil test site, the parameters of particle size and physical condition of the soil parameters.

In addition, contaminated water from the landfill flows into nearby bodies of water, having a negative impact on the biota.

Analysis of snow samples from the landfill is made in the laboratory of analytical chemistry FEGI FEB RAS. As a result of it was found that in samples of melt water from the landfill excess permissible level of pollution found for the four ingredients fourth hazard class: NH^{4+} , Al, Fe, Mn, and the MPC (Maximum Permissible Concentration) Fe exceeded 8 times, Mn is 5 times.

Защита олимпийской инфраструктуры в Красной Поляне от лавин, селей и оползней

М.Н. Иванов, М.М. Каминская,

А.А. Архипова, А.В. Новикова, Е.П. Семенкова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Географический факультет, г. Москва, Россия

Protection of the Olympic infrastructure in Krasnaya Polyana from avalanches, mudflows and landslides

M.N. Ivanov, M.M. Kaminskaya,

A.A. Arkhipova, A.V. Novikova, E.P. Semenкова

Moscow state University, faculty of geography, Moscow, Russia

Для защиты олимпийской инфраструктуры от опасных природных явлений, в особенности снежных лавин, в районе Красной Поляны применяется комплекс мер, направленных на предотвращение и уменьшение возможных последствий. Для защиты от лавин применяются снегоудерживающиеся щиты и сетки, газовые пушки Gaz.Ех, дамбы и снеговывдувающие столы Системы активного воздействия на лавины расположены без учета угрожающей им опасности от гигантских снежных карнизов и сами нуждаются в защите. Сеток установлено недостаточно, линейные объекты незащищены, ликвидирована дамба. Весной, когда происходит адвекция теплого воздуха и формируются мокрые лавины, газовые пушки малоэффективны. Именно мокрые лавины способны нанести наибольший урон инфраструктуре, они сходят непосредственно по трассам, вовлекая в движение весь сне до грунтового основания. Необходимо расширить строительство противолавинных сооружений, особенно вдоль линейных объектов, недопустима ликвидация уже существующих защитных дамб. Для защиты от оползней применяются сетки и подпорные стенки, но их эффективность в случае происхождения обвально-оползневых процессов оставляет желать лучшего. Проведённый анализ показал, что природные условия и связанные с ними риски практически не учтены, строительство на нестабильных породах привело к тому, что трамплины комплекса «Русские горки» сместились на метры. Для защиты от селей используются только селипропускные лотки. Сели, сошедшие в марте, показали, что при инженерном проектировании не учтена непредсказуемость природных условий и опасности, связанные с их резкими частыми изменениями в зимне-весенний период. Для защиты от селей необходимо применять более эффективные способы защиты: селезадерживающие сквозные

плотины, селенаправляющие и ограждающие дамбы, селепредотвращающие плотины и водосборы. Строительство многих олимпийских объектов ведется с и нарушением технологий и сроков, создавая опасность при их эксплуатации в условиях строительства на нестабильных грунтах. Действительная пропускная способность канатных дорог в двое ниже заявленной в проекте. При этом на Роза-Хутор в лавиноопасной зоне планируется разместить 18000 зрителей.

Свойства и воздействие искусственного снега на горнолыжных курортах

Кармен де Йон,

Горный центр университета Савойя, Ле-Бурже-дю-Лак, Франция

Properties and impacts of artificial snow in mountain ski resorts

Carmen de Jong

Mountain Centre, University of Savoy, Le Bourget du Lac, France

The use of artificial snow is wide-spread throughout mountain ski resorts worldwide, both as a surrogate for natural snow and as a means to extend the seasonal and spatial extend of snow cover. Apart from the differences in the properties between artificial and natural snow, ski run preparation to optimize the distribution of artificial snow involves large scale and profound slope remodeling which has major impacts on soil hydrology and carbon. In most ski resorts, artificial snow dominates over ski runs occupying large parts of mountain sub-catchments. Despite this, the properties and evolution of artificial snow under field conditions do not gain as much scientific attention as natural snow. There is also a general lack in monitoring of the impacts of artificial snow on the environment, including on hydrology, climatology and geomorphology. Some of the differences in properties of artificial snow to that of natural snow include the spherical form of its crystals, its higher density, greater hardness, lower permeability, lower temperature variation and longer persistence on the ground. The pore volume, an indicator of air permeability of artificial snow can be about 20% lower than that of an undisturbed snow cover (Cernusca 1990). Since artificial snow originates from pumped and stagnating water, its meltwater has a much higher concentration of minerals and ions than natural snow. This, together with the altered properties of artificial snow influences the permeability, temperature, oxygen and CO² conditions of the soils. The increased snow density and ice layer formation on ski runs with artificial snow can induce “suffocation phenomena” of the underlying soil and vegetation. Whereas undisturbed natural snow cover does not show any oxygen depletion, heavily managed ski runs indicate a strong reduction in oxygen concentrations, combined with a strong increase in CO² concentration towards the end of the ski season. Plant ecological studies have shown that ice- and snow crusting cause oxygen depletion and CO² concentration which in turn can produce toxic end-products due to abnormal metabolic pathways. In addition, CO² is released over large surfaces when top soil is removed for ski run re-modeling and maintenance from year to

year. This decreases permeability and increases anaerobic metabolism. Oxygen depletion on ski runs covered by artificial snow can extend into the spring as a direct result of higher snow depth, compaction and longer snow cover which concentrates more water on the ski runs. Since free water cannot infiltrate into the impermeable soils, ice crusts are formed. The extent of oxygen depletion depends on the weather conditions, altitude, vegetation and soil, as well as intensity of skiing and snow grooming. Recent investigations in ski resorts in the French Alps show that re-modeled ski runs under intensive use of artificial snow are highly compacted and virtually impermeable, with negligible infiltration rates. The soil horizon is very shallow and there are clear signs of oxygen depletion. In addition, artificial snow causes at least twice the amount of meltwater to that of natural snow which cannot infiltrate and therefore produces surface runoff. This causes sheet and gully erosion as well as vulnerability to mass movements.

**Исследование снегопереноса на участке
автомобильной дороги Южно-Сахалинск – Оха
(км 243 - км 249) в зимнем сезоне 2012-2013 гг.**

Е.Н. Казакова, В.А. Лобкина

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

**Research of snow-drifting on the road
Yuzhno-Sakhalinsk – Okha (Sakhalin Island)
in winter 2012-2013**

E.N. Kazakova, V.A. Lobkina

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

Большое количество зимних осадков и сильные ветра на восточном побережье о. Сахалин создают благоприятные условия для интенсивного снегопереноса, что обуславливает значительные трудности при эксплуатации линейных сооружений в зимний период.

Примером может служить участок км 243 - км 249 автомобильной дороги Южно-Сахалинск – Оха (Макаровский район, с. Новое).

Полевые наблюдения за снегопереносом на данном участке были проведены специалистами АНО НИЦ «Геодинамика» и сотрудниками лаборатории лавинных и селевых процессов СФ ДВГИ ДВО РАН в течение ноября 2012 г. – марта 2013 г.

На прилегающем к автодороге сельскохозяйственном поле, являющемся снегосборным бассейном, было размечено четыре поперечных (перпендикулярно к оси автодороги) снегомерных профиля:

- профиль №1 – направление - З, протяженность – 330 м;
- профиль №2 - направление - СЗ, протяженность – 510 м;
- профиль №3 - направление - ЮВ, протяженность – 220 м;
- профиль №4 - направление - СЗ, протяженность – 320 м.

Анализ данных распределения высоты снежного покрова по снегомерным профилям за **декабрь 2012 г. - март 2013 г.** позволил выявить участки перераспределения снежного покрова. На профилях СЗ направления (профили 1, 2, 4) эти участки имеют четко выраженные границы.

Так, в **декабре 2012 г.** на западной границе участка (край лесополосы) прослеживается зона *небольшого снегонакопления* (толщина снега – 15-20 см), обусловленная ветровой тенью от леса; ширина зоны колеблется от 30 до 40 м и зависит от высоты древостоя. Далее отмечается

зона *интенсивного снеговывдувания*, где средняя толщина снега уменьшается до 7-9 см. Ширина зоны составляет 80-120 м.

Следующая зона *повышенного снегонакопления* приурочена к первой с запада заросшей мелиоративной канаве, снегоудерживающим элементом которой является растительность, поднявшаяся по бровке канавы. Полоса снегонакопления имеет ширину 15-20 м, толщина снега в надуве достигает 40 см.

После *снежного надува* в районе первой мелиоративной канавы опять идет зона *активного снеготранспорта* шириной 80-120 м, с меньшей средней толщиной снежного покрова: 7-10 см. Зона заканчивается в районе второй мелиоративной канавы, которая также играет роль *снегоудерживающего барьера* шириной 15-20 м.

Третья зона *выдувания и интенсивного снеготранспорта* расположена на расстоянии 80-90 м от полотна автомобильной дороги и заканчивается зоной *интенсивного снеготложения* при примыкании поля к западному краю кювета дороги.

Ширина зоны снеготложений у западного края кювета составляет 30-40 м. Здесь отмечена наибольшая мощность снежного покрова – 55 см. Вдоль края кювета повсеместно отмечено образование снежных карнизов шириной 1,5 – 2,0 м и заступов с ориентацией СЗ.

По восточному профилю № 3 картина распределения снежного покрова несколько иная.

Зоны интенсивного снеговывдувания не отмечены. Распределение снега более равномерное, с наибольшей толщиной в начале профиля – у полотна автодороги. Это связано с преобладающими в районе работ ветрами северного и северо-западного направлений. В результате, восточный край дороги находится в ветровой тени от насыпи автодороги. Это способствует снегонакоплению в кювете с восточной стороны.

В феврале и марте 2013 г. общая картина распределения снега на поле аналогична, увеличивается только мощность снежного покрова.

На основе данных снегомерных работ был подсчитан объем снега на поле, примыкающему к исследуемому участку автомобильной дороги (наиболее снеготранспортируемому), его объем на конец марта составил около 200 000 м³.

В многоснежные годы количество снега на исследуемом участке может превышать 2 000 000 м³, что, соответственно, будет сказываться и на объемах снега, приносимого к полотну автодороги.

Объемы снеготранспорта для данного участка были рассчитаны по методу расходов и по методу балансов [Шарапов, 1988].

Объемы снеготранспорта в январе - марте 2013 гг. оказались значительно меньше объемов, рассчитанных по среднесезонным данным (табл. 1). Как видно из таблицы, объем переносимого снега по румбам,

рассчитанный по методу расходов, незначительно меньше возможного объема снегоотложений у преград, рассчитанного по методу балансов. В целом более точным является расчет по методу балансов, поскольку этот метод учитывает количество твердых осадков, а не только продолжительность метели.

Таблица 1. Расчетный объем переносимого снега по румбам по методу расходов и возможный объем снегоотложений у преград по методу балансов

Расчетный период	Объем переносимого снега по румбам по методу расходов, м ³ /пог.м	Возможный объем снегоотложений у преград по методу балансов, м ³ /пог.м
Метель 06-09.04.2013	125	140
Зимний сезон 2012-2013 гг. (декабрь-апрель)	579	725
Зимний сезон по средненоголетним данным (декабрь-март)	1 136	1 197

Abstract. This article is about actual data and estimated data about snow-drifting on the road Yuzhno-Sakhalinsk – Okha (Sakhalin Island) in winter 2012-2013.

Использование геосинтетических материалов в конструкциях при строительстве автодорог в снежных регионах России

С.А. Кудрявцев¹, Т.Ю. Вальцева¹, Р.Г. Михайлин¹, Ю.Б. Берестяный²

¹*Дальневосточный государственный университет путей сообщения,
г. Хабаровск, Россия;*

²*Научное практическое предприятие «ДВ-Геосинтетика», г. Хабаровск, Россия*

Use Geotechnical Materials in design at construction of the motor road in snow region of Russia

S.A. Kudriavtcev¹, T.Y. Valtseva¹, R.G. Mikhailin¹, Y.B. Berestianyi²

¹*Far Eastern State Transport University (FESTU), Khabarovsk, Russia;*

²*Research Construction and Engineering Company
"DV-GEOSYNTHETICS", Khabarovsk, Russia*

Проектирование и строительство геотехнических сооружений в снежных северных регионах Дальнего Востока и Якутии в России всегда имеет высокую степень рисков. Особенно это относится к линейным транспортным объектам, требующим повышенного уровня надёжности и ответственности. При реконструкции автомобильной дороги от Якутска до Магадана запроектированы и построены армогрунтовые конструкции в стеснённых горных условиях в близости русла реки. Армирующие георешётки изготовлены из полиэтилена высокой плотности в соответствии с международными требованиями, защищены от воздействия агрессивной среды и имеют стабильно высокие номинальные показатели. Численное моделирование работы конструкций автомобильной дороги позволило, при хорошей сходимости полученных параметров, дополнить теоретические расчеты и уточнить все основные расчётные параметры конструкций. Это позволило свести к минимуму геотехнические риски, обеспечить качество проектных и строительных работ и долговременную эксплуатационную надёжность построенных сооружений.

Abstract. Engineering and construction of geotechnical structures in snow northern regions of the Far East and Yakutia are always connected with high risks. It is especially true about linear transport projects that require greater level of reliability and are considered of high criticality rating. Reinforced ground structures are constructed and projected in mountainous tight working space near the Vostochnaya Khandyga river bed during reconstruction of a motor road from Yakutsk to Magadan. Reinforcing geogrids are made of high-density polyethylene according to the international re-

quirements; they are protected from corrosion environment and their specific rates are stable and high. Numeric modeling of the motor road structures behavior allowed to detail with high precision the theoretical calculations and basic project parameters of the structures. Professional use of properties of high-tech and high quality geomaterials ensures effective construction of projects in remote regions with cold climate. It helps minimize geological risks, provides quality of design and construction works as well as safety of structures.

Алгоритм районирования малоизученной территории по расчетному значению веса снегового покрова

В.А. Лобкина

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

Algorithms zoning of the territory by the calculated on the snow load

V.A. Lobkina

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

При разработке карт районирования территории по какому-либо опасному процессу используются различные концепции.

Концепция, использованная при построении карты «Районирования территории о. Сахалин по расчетному значению веса снегового покрова», может быть применена для разработки подобных карт и для других субъектов РФ. Алгоритм предлагаемой концепции представлен на рис. 1.

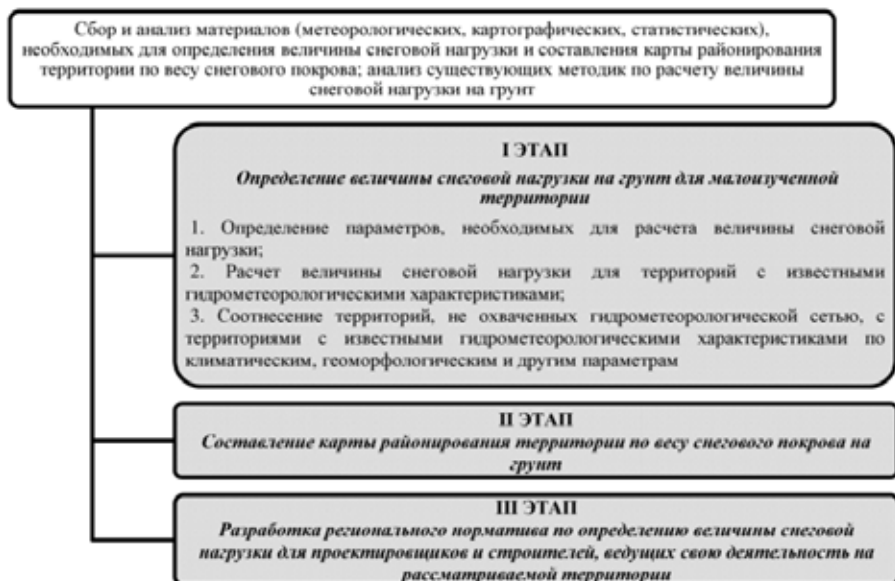


Рис. 1. Алгоритм районирования малоизученной территории по весу снегового покрова.

Для расчета величины снеговой нагрузки для равнинных и прибрежных снеговых районов данные о характеристиках снега были получены по данным сети гидрометеорологических станций [Справочник по климату СССР, 1971], для горных снеговых районов используются материалы полевых наблюдений с экстраполяцией для тех участков, где натурных наблюдений не проводилось. При расчете величины твердых осадков и снежного покрова в горах использовались значения, рассчитанные на основе анализа материалов наблюдений за осадками и снежным покровом, проводившихся в горах о. Сахалин в 1961 – 2012 г.г.

Отличительной особенностью предлагаемой концепции по созданию карты районирования территории по весу снегового покрова от карт той же тематики, разработанных для других территорий, является отделение горных подрайонов от равнинных и прибрежных подрайонов внутри снеговых областей.

Всего на территории Сахалина выделено 3 снеговые области, внутри снеговых областей выделены 3 горных и 3 равнинных, прибрежных снеговых района, которые разделяются на снеговые подрайоны.

Выделено 24 снеговых подрайона – 13 равнинных и прибрежных снеговых подрайонов и 11 горных снеговых подрайонов [Генсиоровский и др., 2011].

Проведенное районирование существенно отличается от представленного для о. Сахалина на карте СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействие». В СНиП на о. Сахалин выделено 4 снеговых района, которые представлены 9 участками. Значения снеговой нагрузки на территории области изменяются в пределах от 2,4 до 4,8 кПа.

Представленные значения снеговых нагрузок сильно занижены, что во многом связано с тем, что согласно СНиПу, данные о плотности и высоте снежной толщи необходимо брать по ближайшим гидрометеорологическим станциям, имеющим длительный ряд наблюдений. Однако, 99 % всех гидрометеорологических станции острова расположены в долинах и на морском побережье на абсолютных отметках менее 200 м, а большая часть территории о. Сахалин – это средневысотные горы.

Таким образом, применение карт снеговых районов, разработанных только на основе данных о снежном покрове и твердых осадках, полученных на прибрежных и долинных гидрометеорологических станциях, приводит к сильному занижению реальных величин снеговых нагрузок, что не позволяет в долгосрочной перспективе эффективно обеспечивать безопасные и благоприятные условия для жизнедеятельности населения.

Полученная карта районирования территории о. Сахалин позволяет определять величины снеговых нагрузок, необходимые для проектирования и возведение зданий и сооружений. Снижает риск от возможной недооценки фактической величины нагрузки. Полученная карта дополняет СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия» и рекомендована Министерством строительства Сахалинской области в качестве регионального норматива.

Снежность о. Сахалин и её воздействие на экономику территории

В.А. Лобкина В.А.

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

Snowiness for the Sakhalin island and its impact on the economy of the territory

V.A. Lobkina

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

Снежность территории является важной характеристикой для оценки возможности формирования на территории неблагоприятных природных явлений и процессов.

Целью настоящей работы является выделение циклов снежности о. Сахалин для прогнозирования и своевременного реагирования на периоды ее наибольшего воздействия на экономику острова.

Важным параметром для оценки снежности территории является количество ежегодно выпадающих твердых атмосферных осадков. В холодный период (с ноября по март) на Сахалине выпадает от 20 до 40% годового количества осадков.

Для выделения циклов снежности на о. Сахалин были проанализированы данные об осадках холодного периода с ноября по март за период с 1907 по 2012 г.г. по гидрометеорологическим станциям Сахалина. Для выделения циклов снежности на графиках данных о количестве осадков были определены периоды, когда происходит постепенное ежегодное увеличение количества выпадающих осадков, а следовательно и увеличение величин водозапаса. Далее на график наносилась линия тренда.

В вековом цикле снежности на Сахалине выделяются 4 больших цикла с временным интервалом 23–26 лет и 17 малых циклов с временными интервалами 5–7 лет. В течение большого цикла проходит 4–5 малых циклов снежности.

Анализ и сопоставление данных об изменении снежности территории о. Сахалин с данными о массовом лавинообразовании, обрушении зданий и сооружений под весом снегового покрова, гололедными явлениями и другими последствиями выпадения большого количества твердых осадков позволяет выделить периоды с наибольшим негативными последствиями для инфраструктуры населенных пунктов острова.

Всего за 65-летний период официально зарегистрирован 21 зимний сезон с наибольшей снежностью территории о. Сахалин. Данные зимние сезоны расположены в трех циклах снежности. Данных о снегопадах зимних сезонов относящихся к циклу убывания снежности 1909–1935 гг. не сохранилось.

В цикл роста снежности 1936–1963 гг. зафиксировано 4 зимних сезона с наибольшим воздействием на экономику острова, данные сезоны зафиксированы в период с 1946 по 1963 года, сведений за период с 1936 по 1945 годы не сохранилось.

Самое большое количество случаев негативного воздействия на инфраструктуру населенных пунктов пришлось на цикл 1964–1986 гг – 10. Несмотря на то, что данный цикл не относится к циклам роста, линия тренда количества осадков выше среднемноголетних значений на всем его протяжении. Также большое количество случаев можно объяснить крупными единичными снегопадами, когда происходил резкий кратковременный прирост величины снегозапаса, который компенсировался отсутствием или малым количеством осадков до и/или после явления.

На продолжающийся максимальный цикл роста 1987–2012 гг. приходится 7 случаев максимально негативного воздействия на инфраструктуру.

Повторяемость зимних сезонов с наибольшим негативным влиянием на экономику острова составляет 2–3 случая на каждый малый цикл снежности. Вероятность повторения зимнего сезона с наибольшим негативным влиянием на экономику острова составляет 0,3 случ./г.

Abstract. The article considers influence of the cycles snowiness on the Sakhalin Island. The defined of the cycles snowiness for Sakhalin. The analysis of the winter season has been the most negative impact on the economy of the island.

Сопротивление скольжению пористого асфальта мостовой в зимних условиях

Т. Хоси, К. Маруяма, М. Кумагай

*Научно-исследовательский институт гражданского
строительства в холодных регионах, Научно-исследовательский институт
гражданских исследований, Япония*

Skid resistance of porous asphalt pavement under winter conditions

T. Hoshi, K. Maruyama, M. Kumagai

*Civil Engineering Research Institute for Cold Region, Public Works Research
Institute, Japan*

This study investigates whether porous asphalt pavements have higher skid resistance under winter conditions than conventional dense-graded pavements and examines the installation of such pavements as a measure against winter conditions. Evaluation was done by measuring the skid resistance of such pavements in the laboratory, on a test track and on roads in service under winter conditions.

Using skid-resistance measurement devices, the skid-resistance coefficients of porous asphalt pavements (void content: 17%, 20%, and 23%) and that of conventional dense-graded asphalt pavement were measured under winter conditions for comparison. The tests were conducted on artificially-made snow- and ice-covered test pieces, on a test track and on roads in service.

Porous asphalt pavement was found to be effective in mitigating reductions in skid resistance up to a certain level of road freezing (black ice or slush), because its surface texture allows it to retain its roughness. Porous asphalt pavements are expected to show improved skid resistance under the following circumstances: 1) under the road conditions of early and late winter, 2) for roads with a high winter maintenance service level, and 3) in regions with moderate snowfall.

Список авторов / List of authors

ФИО / Name	Электронный адрес / E-mail	Стр. / Page
Андреев Ю.Б. <i>Andreev Yu.B.</i>	ayura2@rambler.ru	83
Архипова А.А. <i>Arhipova A.A.</i>		140
Барашев Н.В. <i>Barashev N.V.</i>		81
Берестяный Ю.Б. <i>Berestyanyu Yu.B.</i>		147
Бобров А.М. <i>Bobrov A.M.</i>	delavil-bobrov@yandex.ru	44, 76
Боброва Д.А. <i>Bobrova D.A.</i>	darya-kononova@yandex.ru	44, 51, 76, 85, 93, 108
Божинский А.Н. <i>Bozhinskiy A.N.</i>		83
Вальцева Т.Ю. <i>Valtseva T.Yu.</i>		147
Верховов К. В. <i>Verkhovov K.V.</i>	svnims@mail.ru	46
Воропай Н.Н. <i>Voropay N.N.</i>		74
Генсиоровский Ю.В. <i>Gensiorovskiy Yu.V.</i>	gensiorovskiy@mail.ru	51, 89, 138
Глазырин Г.Е. <i>Glazirin G.E.</i>	gleb.glazirin@gmx.net	120
Голенко А.В. <i>Golenko A.V.</i>		129
Грицук И.И. <i>Gritsuk I.I.</i>		122
Гулый С. А. <i>Guluy S.A.</i>		46
Дебольская Е.И. <i>Debolskaya E.I.</i>	e_debolskaya@yahoo.com	122
Дебольский В.К. <i>Debolsky V.K.</i>	vdebolsky@mail.ru	122

Дроздова Ю.А. <i>Drozdova Ju.A.</i>		118
Епифанов В.П. <i>Epifanov V.P.</i>	evp@ipmnet.ru	18
Ефремов Ю.В. <i>Efremov Yu.V.</i>	efremov_kubsu@mail.ru	48, 125, 127
Жданов В.В. <i>Zhdanov V.V.</i>	ZhdanovVitaliy@yandex.ru	87
Жируев С.П. <i>Zhiruev S.P.</i>	jiruevsp@fegi.ru	89
Иванов Б.В. <i>Ivanov B.V.</i>	b_ivanov@aari.ru	21
Иванов М.Н. <i>Ivanov M.N.</i>	misha_scout@mail.ru	21, 140
Казаков Н.А. <i>Kazakov N.A.</i>	kazakovna@fegi.ru	51, 89, 91, 93, 104
Казакова Е.Н. <i>Kazakova E.N.</i>	kazakova-e-n@ya.ru	51, 99, 101, 104, 144
Кайгородов К.И. <i>Kaygorodov K.I.</i>	keskill84@mail.ru	58
Каминская М.М. <i>Kaminskaya M.M.</i>		140
Карачун Л.Э. <i>Karachyun L.E.</i>	lekarachyun@skbsami.ru	24, 25
Касаткин Н.Е. <i>Kasatkin N.E.</i>	kasatkinne@mail.ru	129
Коломыц Э.Г. <i>Kolomyts E.G.</i>	egk2000@mail.ru	60
Комаров А.Ю. <i>Komarov A.Yu.</i>		116
Кондратьев В.Г. <i>Kondratiev V.G.</i>	v_kondratiev@mail.ru	130
Кононов И.А. <i>Kononov I.A.</i>	kononov-ia@yandex.ru	51, 67, 108
Кудрявцев С.А. <i>Kudriavtcev S.A.</i>	kudr@festu.khv.ru	147
Литвиненко В.В. <i>Litvinenko V.V.</i>	vl.litv7@mail.ru	69

Лобкина В.А. <i>Lobkina V.A.</i>	valentina-lobkina@rambler.ru	51, 71, 138, 144, 149, 152
Ложкомоев В.В. <i>Lozhkomoev V.V.</i>		76
Лопатина И.Н. <i>Lopatina I.N.</i>	irok@lin.irk.ru	32
Лохов Ш.К. <i>Lokhov Sh.K.</i>	shukhrat_1@mail.ru	74
Масликова О.Я. <i>Maslikova O.Ja.</i>	oksana68@mail.ru	122, 131
Михайлин Р.Г. <i>Mikhaylin R.G.</i>		147
Нецветаева О.Г. <i>Netsvetayeva O.G.</i>	r431@lin.irk.ru	32
Новикова А.В. <i>Novikova A.V.</i>		140
Онищук Н.А. <i>Onischuk N.A.</i>	onischuk@lin.irk.ru	32
Осокин Н.И. <i>Osokin N.I.</i>	osokin@igras.ru	18, 34
Паршукова О.В. <i>Parshukova O.V.</i>	DI_ParshukovaOV@sakh.dvgd.ru	76
Петрушина М. Н. <i>Petrushina M.N.</i>	mnpetrushina@mail.ru	69, 110, 112
Потапов А.А. <i>Potapov A.A.</i>		24, 25
Пряженцев Н.И. <i>Pryazhentsev N.I.</i>		25
Ребров Ю.А. <i>Rebrov Yu.A.</i>		129
Романюк А.В. <i>Romanjuk A.V.</i>	tosik-aaa@bk.ru	76
Рыбальченко С.В. <i>Rybalchenko S.V.</i>	rybalchenko_sv@mail.ru	51, 133
Рященко Т.Г. <i>Riashchenko T.G.</i>		138
Священников П.Н. <i>Svyashennikov P.N.</i>		21

Сезько Н.П. <i>Sezko N.P.</i>	se-nat@lin.irk.ru	32
Селиверстов Ю.Г. <i>Seliverstov Yu.G.</i>		81, 114, 116
Семенкова Е.П <i>Semenkova E.P.</i>		140
Соколова К.А. <i>Sokolova K.A.</i>	ksenia.a.sokolova@ yandex.ru	112
Сократов В.С. <i>Sokratov V.S.</i>		114
Сократов С.А. <i>Sokratov S.A.</i>	sokratov@geol.msu.ru	116, 135
Сороковикова Л.М. <i>Sorokovnikova L.M.</i>	lara@lin.irk.ru	32
Сосновский А.В. <i>Sosnovskiy A.V.</i>		34
Сучков В.Е. <i>Suchkov V.E.</i>		81
Ухова Н.Н. <i>Ukhova N.N.</i>		138
Фролов Д.М. <i>Frolov D.M.</i>	denisfrolovm@mail.ru	69
Чеботарев С.И. <i>Chebotarev S.I.</i>	DI_Chebotarev@ sakh.dvgd.ru	76
Чернов Р.А. <i>Chernov R.A.</i>	rob31@mail.ru	78
Черноус П.А. <i>Chernous P.A.</i>	pchernous48@gmail.com	37, 81, 83
Четырбоцкий А.Н. <i>Chetyrbotsky A.N.</i>	chetyrbotsky@yandex.ru	39
Шмакин А.Б. <i>Shmakin A.B.</i>		135
Шныпарков А.Л. <i>Shnyuparkov A.L.</i>	malyn2006@yandex.ru	114, 116
Штельмах С.И. <i>Stellmach S.I.</i>		138
Эглит М. Э. <i>Eglit M.E.</i>	m.eglit@mail.ru	118

Ito Y.		107
Harada Y.		28
Hoshi T.	hoshi-t22aa@ceri.go.jp	154
C. de Jong	dejong.carmen@neuf.fr	142
Kasamura S.		28, 30
Komatsu A.		107
Kumagai M.	kumagai@ceri.go.jp	154
Maruyama K.	k.maruyama@ceri.go.jp	154
Matsuoka N.		107
Matsushita H.	hmatsu@ceri.go.jp	28, 30
Matsuzawa M.		28, 30
McClung D.	mcclung@geog.ubc.ca	26
Nakamura H.		28, 30
Nishimura K.	knishi@nagoya-u.jp	107
Tanji K.		107
Ueda M.		30

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**II Международный симпозиум
«Физика, химия и механика снега»**

Тезисы докладов

**II International Symposium
“Physics, Chemistry and Mechanics of Snow”
Abstracts**

Ответственный редактор
Казаков Николай Александрович

Редактор английского текста Сократов С.А.
Редактор электронной верстки Казакова Е.Н.,
Киреева А.А., Лобкина В.А.
Дизайн обложки Казакова Е.Н., Лобкина В.А.
Ведущий специалист Сеначин М.В.

Подписано в печать: 09.09 2013 г.
Усл. печ. лист. 9,3. Усл. изд. лист. 6,27
Формат 60х84/8 Бумага «Снегурочка»
Тираж 100 экз. Заказ №7721
Печать офсетная.

ФГБУН Институт морской геологии и геофизики
Дальневосточного отделения
Российской академии наук
693022, г. Южно-Сахалинск. ул. Науки, 1Б. Офсетный цех.