

4/2015

GeoRisk

ISSN 1997-8669

ГеоРиск



При поддержке



Safety is our nature

Обзор опасных природных явлений за четвертый квартал 2015 года ШАНИНА В.В. МГУ им. М.В. Ломоносова	
4	
Будущее климата: растает ли вечная мерзлота? Нобелевский лауреат Доминик Рейно прочел лекцию о климате нашей планеты СТРИЖКОВ С.Н. ООО Научно-производственная фирма «Дорцентр»	
10	
Условия формирования связанных селей при слабых осадках и распределение динамических характеристик в селевом потоке КАЗАКОВ Н.А., ГЕНСИОРОВСКИЙ Ю.В., ОКОПНЫЙ В.И., БОБРОВА Д.А., КАЗАКОВА Е.Н., РЫБАЛЬЧЕНКО С.В. ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН	
12	
Антропогенные и природно-антропогенные лавинные комплексы (на примере о. Сахалин) КАЗАКОВА Е.Н., БОБРОВА Д.А. ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН	
18	
Подтопление земель в Сибирском регионе России РАЗУМОВ В.В. ФГБНУ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» РАЗУМОВА Н.В. АО «Российские космические системы» МОЛЧАНОВ Э.Н. ФГБНУ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»	
22	
Зависимость результатов количественной оценки устойчивости склонов от выбора модели распределения свойств грунтов БУФЕЕВ Ф.К., КУВШИННИКОВ В.М. МГРИ-РГГРУ им. С. Орджоникидзе ФОМЕНКО И.К. ООО «Научно-производственный центр по инженерным изысканиям»	37
Моделирование снежных лавин в программе Ramms в России ТУРЧАНИНОВА А.С., СЕЛИВЕРСТОВ Ю.Г., ГЛАЗОВСКАЯ Т.Г. МГУ имени М.В. Ломоносова	42
Шкала оценки активности тектонических разломов земной коры по интенсивности радоновыделения из недр на площадках строящихся и действующих АЭС СЕДИН В.Л., БИКУС К.М. Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры УЛЬЯНОВ В.Ю. Приднепровский научно-образовательный институт инновационных технологий в строительстве	48
Антропогенные сели в бассейне р. Мзымты КАЗАКОВ Н.А. Дальневосточный геологический институт ДВО РАН	53

НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

БОГДАНОВ М.И. Главный редактор, генеральный директор ООО «ИГИИС», канд. геол. — минерал. наук	МАКСИМОВИЧ Н.Г. Зам. директора по научной работе Естественнонаучного института Пермского государственного национального университета, канд. геол. — минерал. наук, доцент
АЛАБЯН А.М. Доцент кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, канд. географ. наук	РАЗУМОВ В.В. Профессор кафедры картографии и геоинформатики Северо-Кавказского федерального университета, главный научный сотрудник ОАО «Российские космические системы» Роскосмоса, д-р географ. наук
ЗЕРКАЛЬ О.В. Ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией инженерной геодинамики и обоснования инженерной защиты территорий геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, канд. геол. — минерал. наук	СВЯТЕНКО И.Ю. Председатель комиссии по безопасности Московской городской думы, д-р техн. наук
КАЗАКОВ Н.А. Директор Сахалинского филиала Дальневосточного геологического института ДВО РАН, заведующий лабораторией лавинных и селевых процессов, канд. геол. — минерал. наук, доцент по специальности «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение»	ТРОФИМОВ В.Т. Проректор, заведующий кафедрой инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, д-р геол. — минерал. наук, профессор
КОСИНОВА И.И. Заведующая кафедрой экологической геологии Воронежского государственного университета, д-р геол. — минерал. наук, профессор	

Review of Natural Hazard Events for the Fourth Quarter of 2015

SHANINA V.V.

Lomonosov Moscow State University

4

Future of The Climate: Will The Permafrost Melt? Nobel laureate Dominique Reynaud delivered a lecture about the climate of our Planet

STRIZHKOV S.N.

NPF Dorcenter

10

Conditions of Formation of Cohesive Debris Flows in Low Precipitation and The Distribution of The Dynamic Characteristics in Debris-Flow Channel

**KAZAKOV N.A., GENSITOROVSKIY Y.V., OKOPNIY V.I., BOBROVA
D.A., KAZAKOVA E. N., RYBALCHENKO S.V.**

Far East Geological Institute of the FEB RAS, Sakhalin Department

12

Anthropogenic and Natural-Anthropogenic Avalanche Complex (Sakhalin Island)

KAZAKOVA E.N., BOBROVA D.A.

Far East Geological Institute of the FEB RAS, Sakhalin Department

18

Flooding of Lands in The Siberian Region of Russia

RAZUMOV V.V.

Federal State Budgetary Scientific Institution
«Soil Institute of V.V. Dokuchayev»

RAZUMOVA N.V.

JSC Russian Space Systems

MOLCHANOV E.N.

Federal State Budgetary Scientific Institution «Soil Institute of V.V.
Dokuchayev»

22

The Dependence of The Results of Quantitative Evaluation of Slope Stability from The Choice of The Model Distribution of Soil Properties

BUFEEV F.K., KUVSHINNIKOV V.M.

Russian State Geological Prospecting University n. a. Sergo
Ordzhonikidze (MGRI-RSGPU)

FOMENKO I.K.

Scientific Production Center for Civil Engineering

37

Modeling of Snow Avalanches Using Ramms in Russia

TURCHANINOVA A.S., SELIVERSTOV Y.G., GLAZOVSKAYA T.G.

Lomonosov Moscow State University, Research Laboratory of Snow
Avalanches and Debris Flows

42

Scale assessment of active tectonic faults of the crust on the intensity of radon exhalation from the depths to the construction site and the existing energy facilities

ULYANOV V.

Pridneprovsky Research and Educational Institute of innovative
technologies in construction

SEDIN V.L., BIKUS K.M.

Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture

48

Antropogenic Mudflows in the River Mzymta Basin

KAZAKOV N.A.

Far East Geological Institute of Far East Branch of Russian Academy of
Sciences (Sakhalin Department)

53

РЕДАКЦИЯ

Ананко Виктор

Ответственный редактор
info@geomark.ru

Быковских Максим

Руководитель сектора подписки
и распространения
bykovskih@geomark.ru

Крюков Павел

Менеджер по рекламе
KPP@geomark.ru

ООО «ТЭК Дизайн»

Дизайн и верстка
maratg70@mail.ru

107076, Москва,

ул. Электрозаводская, дом 60

Тел.: +7 (495) 210-63-90, 210-63-06

e-mail: info@geomark.ru

Редакция может не разделять точку зрения автора.
За содержание рекламных материалов редакция
ответственности не несет.

Подписано в печать 21.12.2015. Тираж 1000 экз.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № ФС 77-48920 от 20 марта 2012 г.

Цена свободная. © ООО «Геомаркетинг»

По вопросам подписки обращайтесь в редакцию.

Подписной индекс ОАО Агентства «Роспечать» 71510.

Подписные индексы в объединенном каталоге
«Пресса России»: 42192 (полугодовой), 42193 (годовой).

МОДЕЛИРОВАНИЕ СНЕЖНЫХ ЛАВИН В ПРОГРАММЕ RAMMS В РОССИИ

Modeling of Snow Avalanches Using Ramms in Russia

ТУРЧАНИНОВА А.С.

Научный сотрудник географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, НИЛ снежных лавин и селей, alla_wave87@mail.ru

СЕЛИВЕРСТОВ Ю.Г.

Научный сотрудник географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, НИЛ снежных лавин и селей

ГЛАЗОВСКАЯ Т.Г.

Ведущий научный сотрудник географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, НИЛ снежных лавин и селей

TURCHANINOVA A.S.

Research associate, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Research Laboratory of Snow Avalanches and Debris Flows, alla_wave87@mail.ru

SELIVERSTOV Y.G.

Research associate, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Research Laboratory of Snow Avalanches and Debris Flows

GLAZOVSKAYA T.G.

Leading research associate, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Research Laboratory of Snow Avalanches and Debris Flows

Ключевые слова: моделирование снежных лавин, дальность выброса, скорость, сила удара лавин, RAMMS, ГИС.

Аннотация: в работе впервые показаны обобщенные результаты верификации швейцарской программы моделирования снежных лавин RAMMS [19] по данным фактических наблюдений, представленных в виде крупномасштабной ГИС «Снежные лавины», в условиях горных районов России (Хибины и Приэльбрусье). Установлено, что изменение используемых в модели RAMMS эмпирических коэффициентов трения, определенных для условий Альп, позволяет применять модель и в других горных районах. Для моделирования движения снежных лавин в Хибинах (абсолютные высоты менее 1200 м над уровнем моря) с применением двумерной модели RAMMS необходимо использование коэффициентов трения (μ (-) и ζ (м/с²)), соответствующих в Швейцарских Альпах высотному диапазону выше 1500 м над уровнем моря. Для моделирования особо крупных лавин с применением RAMMS в Приэльбрусье требуется использование тех же коэффициентов трения (μ (-) и ζ (м/с²)), что и в Швейцарии. При такой модификации применение программы RAMMS позволяет реконструировать дальности выброса и определить динамические характеристики ранее сошедших лавин, данные наблюдений за которыми отсутствуют. Таким образом, модель RAMMS может использоваться в качестве инструмента инженерных снеголавинных изысканий на территории России.

Key words: modeling of snow avalanches, avalanche run out distance, flow velocity and impact pressure, RAMMS, GIS.

Abstract: the main goal of our investigation was to test the capabilities of Swiss avalanche dynamics program RAMMS [19] to simulate and back-calculate well-documented avalanches in Russia (according to the observation field data presented in a way of the large-scale GIS for two mountain regions — Khibini Mountains and Mt. Elbrus). The friction parameters (μ (-) and ζ values (m/s²)) may be taken from the upper altitude limit (above 1500 m above sea level (m.a.s.l.)) of the table recommended for Switzerland (implemented into RAMMS) for simulations in the Khibini Mountains (absolute height less than 1200 m.a.s.l.). RAMMS could be used for simulation of rare extreme avalanche events in the Mt. Elbrus region using friction parameters values recommended for Switzerland with no change. In such a way a high level of correspondence of observed and simulated avalanches was found. At such modification RAMMS allows to reconstruct runout distances and to define the dynamic characteristics of the historical avalanches field observations for which are absent. Thus, we state that RAMMS should be implemented into Russian avalanche hazard assessment practice as a powerful tool that can resolve a lot of problems of snow avalanche engineering in our country.

Введение

Расширение освоения горных районов России и, как следствие, увеличение риска снежных лавин приводит к необходимости повышения точности определения динамических характеристик возможных снежных лавин путем внедрения в практику снеголавинных изысканий специального программного обеспечения, в основе которого лежат двумерные и трехмерные модели движения лавин.

Основными динамическими характеристиками снежной лавины принято считать: скорость переднего фронта; дальность выброса; силу удара лавины о препятствие; объем. Все перечисленные характеристики

изменяются в зависимости от физико-географических условий [2]. Чаще всего на практике в России для расчетов дальности выброса и скорости движения лавин применяются простейшие одномерные модели движения (модель С.М. Козика и модель из ВСН 02-73) или эмпирические зависимости, которые не отражают характер перемещения лавины по склону. Расчетная максимальная дальность выброса лавин из одного лавиносбора, полученная по разным методикам, значительно различается между собой, как занижая, так и значительно завышая дальность выброса по отношению к фактическим значениям за длительный период наблюдений [14]. Существуют и более точные

отечественные модели [2, 8 и др.], однако их широкое использование затруднено отсутствием интуитивно-понятного возможному конечному пользователю компьютерного интерфейса. За рубежом в последние десятилетия было разработано специальное, удобное в использовании программное обеспечение (AVAL-1D, RAMMS, ELBA, SAMOS), как правило, имеющее в своей основе одно- и двумерные математические модели движения лавин, использующее, помимо прочих, и российские наработки.

В Научно-исследовательской лаборатории снежных лавин и селей географического факультета МГУ по данным фактических наблюдений за лавинами в России проведена верификация швейцарской двумерной модели, представленной в виде программного продукта RAMMS.

Программа RAMMS

В основе программы RAMMS [17, 19, 22], разработанной в Швейцарском институте снеголавинных исследований [23], лежит двумерная модель, позволяющая моделировать движение лавинного потока в условиях трехмерного рельефа, созданная на основе одномерной гидравлической модели Вельми-Зальма [20, 21], широко используемой для решения практических задач в Альпах. Снежные лавины моделируются в RAMMS как несжимаемая сплошная среда средней постоянной плотности. Модель предполагает разделение суммарного трения на две составляющие: на независимое от скорости сухое (кулоновское) трение, пропорциональное давлению (коэффициент μ (-)), и зависимое от скорости вязкое (турбулентное) трение (коэффициент ζ (м/с²)). Калибровка модели выполнена на основе детальных наблюдений за лавинами Швейцарии. В работе использована версия программы RAMMS (1.6.20) с моделью, не учитывающей вовлечение снега по ходу движения лавины и наличие пылевого облака. Такая модель существует [19], но в настоящее время недоступна для широкого использования. Авторы RAMMS уделяют большое внимание развитию новой модели произвольной кинетической энергии (RKE) [18, 19].

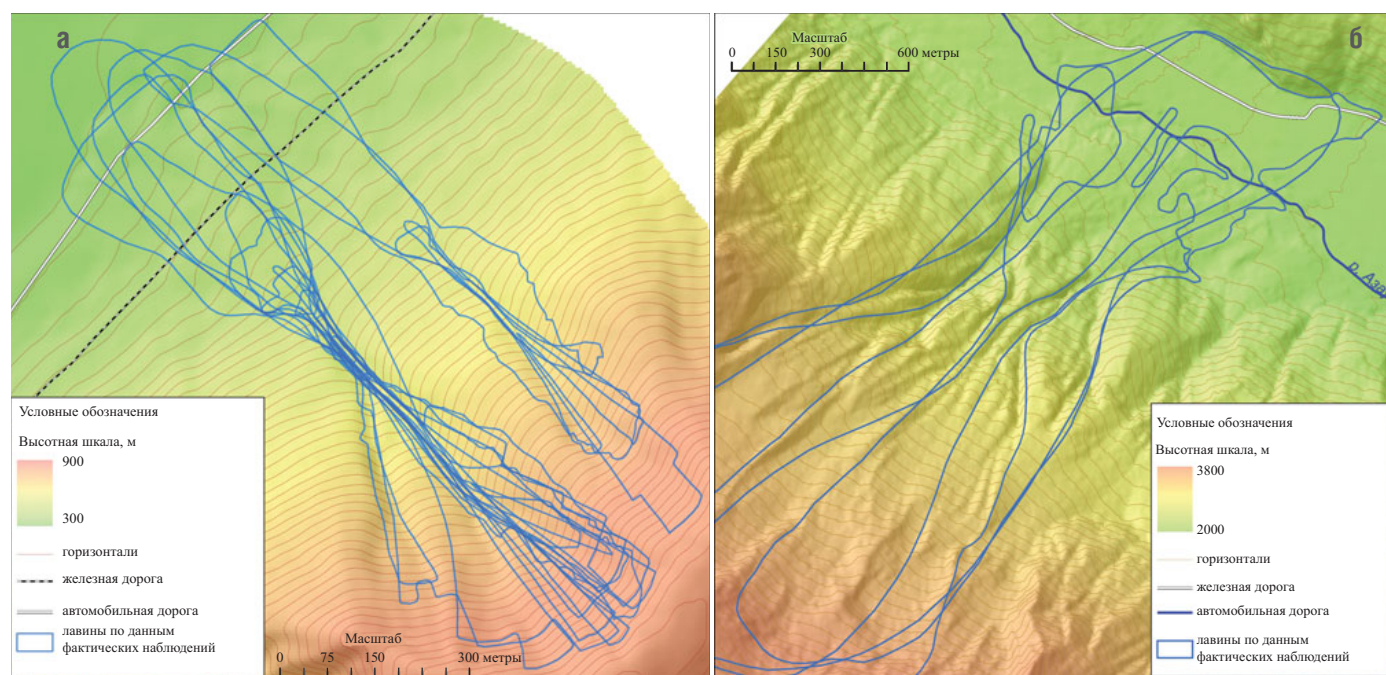


Рис. 1. Пример визуализации географически привязанной БД лавин, входящей в состав ГИС «Снежные лавины». Лавины, по данным фактических наблюдений до строительства противолавинных дамб: а) в Хибинах (22 и 23 лавиносборы); б) в Приэльбрусье (9 и 10 лавиносборы). Противолавинные дамбы, построенные впоследствии, на картах не приводятся

Исходными данными для моделирования в программе RAMMS служат: (1) цифровая модель рельефа; (2) предполагаемая зона зарождения лавины и толщина снега в ней; (3) коэффициенты трения (μ и ζ).

RAMMS широко используется в Швейцарии и других зарубежных странах для решения задач: оценки и картографирования лавинной опасности; выбора безопасных от лавин площадок под строительство зданий и сооружений; планирования и проектирования противолавинных инженерных сооружений; моделирования сошедших лавин; исследования динамики снежных лавин.

В настоящее время RAMMS входит в состав нормативных документов, регламентирующих картографирование лавинной опасности в Швейцарии. Однако, как и с большинством других программных продуктов, созданных на определенном наборе эмпирических данных, возможности использования RAMMS в горных районах России требуют проверки.

Районы исследования

Моделирование снежных лавин с использованием программы RAMMS выполнено для двух горных районов нашей страны — Хибин и Приэльбрусье. Выбор районов исследования обусловлен наличием многолетних наблюдений за лавинами, их расположением в разных физико-географических условиях, относительно легкой доступностью, интересом их дальнейшего освоения.

Хибинские горы расположены в центре Кольского полуострова за полярным кругом. Самая высшая точка Хибин — гора Юдычвумчорр (1208 м). Район Приэльбрусье расположен на северном склоне Центрального Кавказа в умеренном поясе. Самая высшая точка района — гора Эльбрус (5642 м). Модель RAMMS откалибрована по данным наблюдений за лавинами Швейцарии, расположенной в умеренном поясе и относящейся к восточной части Западных Альп. Высшая точка в пределах

страны — пик Дюфур (4634 м). Рельеф Приэльбрусья и Швейцарских Альп, сформировавшийся в период альпийской складчатости, отличается преобладанием больших абсолютных высот, глубоким расчленением, большой крутизной склонов, значительную площадь здесь продолжает занимать современное оледенение. По сравнению с Альпами район Приэльбрусья характеризуется более низкими температурами и меньшим количеством осадков. Тем не менее глубокие оттепели среди зимы сближают черты климата двух районов. Отличительной особенностью Хибин является: местоположение за полярным кругом, небольшие абсолютные и относительные высоты, низкие значения температуры воздуха и интенсивный метелевый перенос.

Использованные материалы

Для решения поставленной задачи были проанализированы данные снеголавинных

Таблица 1

Фрагмент таблицы [17] значений коэффициентов трения μ (-) и ζ (м/с²), предложенных для Швейцарии в RAMMS

Лавина среднего объема (25 000 –60 000 м ³)									
Склон	Высота над уровнем моря, м	Период повторяемости							
		300 лет		100 лет		30 лет		10 лет	
		μ	ζ	μ	ζ	μ	ζ	μ	ζ
Неканализованный	> 1500	0,195	2500	0,205	2500	0,215	2500	0,225	2500
	1000 –1500	0,21	2100	0,22	2100	0,23	2100	0,24	2100
	< 1000	0,23	1750	0,24	1750	0,25	1750	0,26	1750
Канализованный	> 1500	0,25	1750	0,26	1750	0,27	1750	0,28	1750
	1000 –1500	0,27	1530	0,28	1530	0,285	1530	0,295	1530
	< 1000	0,28	1350	0,29	1350	0,3	1350	0,31	1350

наблюдений в районах исследования, которые включали в себя описания сошедших лавин, результаты снегомерных наблюдений и измерений их динамических характеристик; описания шурфов, крупномасштабные картографические материалы, разновременные ДДЗЗ, фотоматериалы, информацию со слов очевидцев.

Собранный материал стал основой для ГИС «Снежные лавины», отличительной особенностью которой является картографическая основа высокого разрешения. Ранее при составлении ГИС [13, 10, 9, 4], посвященных вопросам снежных лавин, основное внимание уделялось условиям лавинообразования. В ходе настоящего исследования выполнен детальный анализ снежных лавин, сошедших в пределах конкретных лавиносборов. Контуры фактических лавин оцифровывались (рис. 1) с карт и схем (масштаба 1:5000), данные о них (место, дата и время схода; характеристики зоны зарождения, лавинных отложений; общие морфометрические характеристики лавины; характеристика погоды на момент схода; заключение о причинах схода; дополнительные сведения и др.) заносились в базу данных (БД) ГИС. Рассматривались лавины всех объемов — от самых маленьких (объемом менее 1000 м³) до особо крупных лавин (объемом более 2 000 000 м³). Ряд наблюдений длиной более 50 лет сделал возможным вероятностный анализ границ зон зарождения и дальности выброса снежных лавин. В настоящее время ГИС включает в себя картографическую и атрибутивные БД более чем для 20 лавиносборов Хибин и 20 лавиносборов Приэльбрусья. БД снежных лавин в крупном масштабе (1:5000) включает параметры и условия схода более 200 лавин.

Моделирование лавин с использованием RAMMS

Все необходимые для моделирования исходные параметры заданы по фактическим данным за исключением коэффициентов трения (μ (-); ζ (м/с²)), которые зависят от целого ряда показателей (объема лавины, периода повторяемости, абсолютной высоты над уровнем моря, морфологии лавиносбора). Для Швейцарских Альп значения коэффициентов трения задаются (табл. 1) в зависимости от абсолютной высоты для трех высотных уровней (ниже 1000 м над у.м.; 1000–1500 м над у.м.; выше 1500 м над у.м.), что обусловлено изменением свойств снега в зависимости от температурных условий, изменяющихся с высотой, и характера подстилающей поверхности.

В Хибинах, анализируя предложенные для Швейцарии значения коэффициентов μ и ζ (табл. 1) и выбирая из них подходящие, выполнялось моделирование (обратные расчеты динамических характеристик) лавин разного объема — от 1000 м³ и до 120 000 м³, данные о которых вошли в состав ГИС «Снежные лавины». На основе сравнения результатов расчетов с данными фактических наблюдений (рис. 2) для 43 лавин установлено, что для моделирования движения

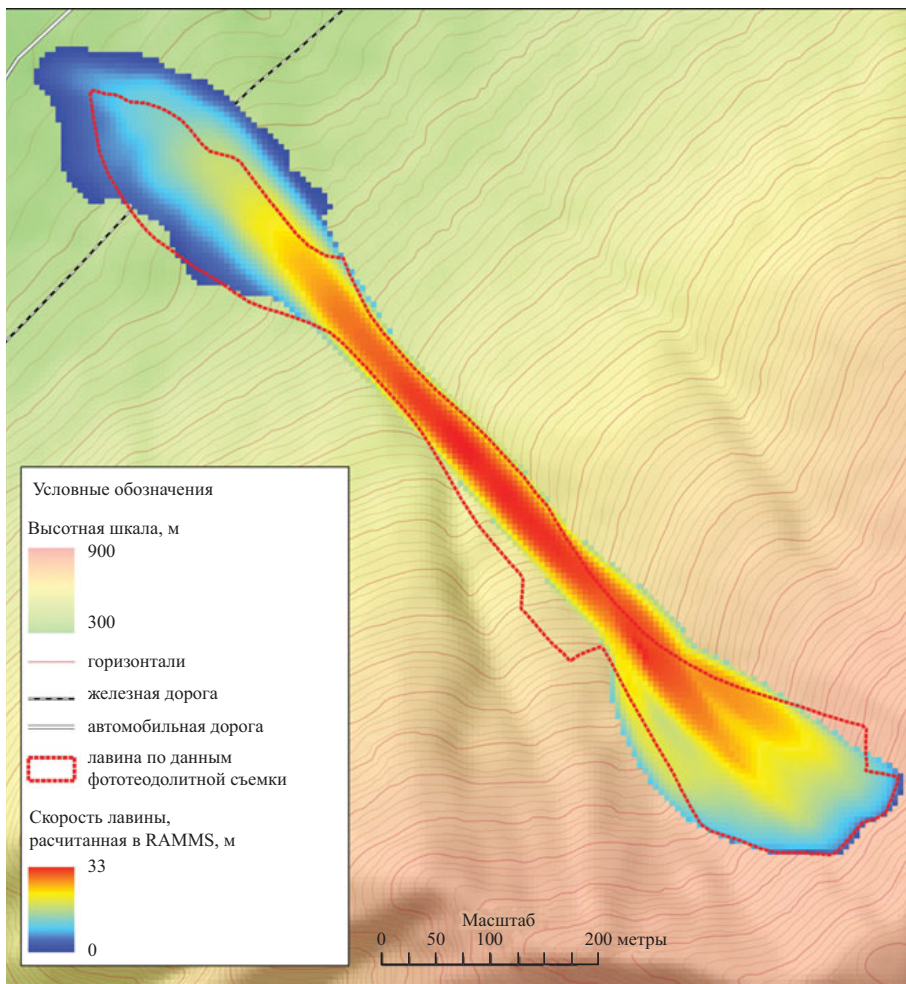


Рис. 2. Пример: результаты моделирования лавины № 2, зарегистрированной в 1974 году в лавиносборе № 22 в Хибинах. Максимальная скорость лавины: измеренная — 36 м/с; расчетная — 33 м/с. Моделирование лавины выполнено без учета дамбы, построенной впоследствии для защиты от лавин

снежных лавин заданной повторяемости в Хибинах (абсолютные высоты менее 1200 м над уровнем моря) с применением двумерной модели RAMMS необходимо использование коэффициентов трения (μ (-) и ζ (м/с²)), соответствующих в Швейцарских Альпах высотному диапазону выше 1500 м над уровнем моря (см. таблицу). В таком случае результаты моделирования контуров лавинных отложений, а также максимальной скорости лавин (рис. 2) показали удовлетворительное соответствие данным фактических наблюдений. Однако дальности выброса лавин небольших объемов (менее 5 тыс. м³) оказались завышены, что можно объяснить тем, что калибровка модели основана на результатах обратных расчетов лавин с объемами, представляющими опасность для хозяйственных объектов Швейцарии. Такие лавины, как правило, имеют объемы более 5 тыс. м³.

Сравнительный анализ факторов лавинообразования показал, что, несмотря на небольшие абсолютные высоты Хибин (менее 1200 м), средняя температура воздуха самого холодного месяца на абсолютной высоте расположения лавинных очагов в Швейцарских Альпах (станция «Юнгфраухох», 3580 м) и Хибинах (станция «Центральная», 1090 м) близка (около — 13 °С). В рассматриваемых районах пре-



Рис. 3. Лавиносборы № 9 и № 10 (до строительства противолавинной дамбы), расположенные на северном склоне г. Чегет в Приэльбрусье.

обладают лавины из снежных досок. Поскольку в формировании таких лавин решающую роль играют рыхлые прослойки [Болов, 1980], в лавинообразовании, как правило, участвует верхний слой (до 150–

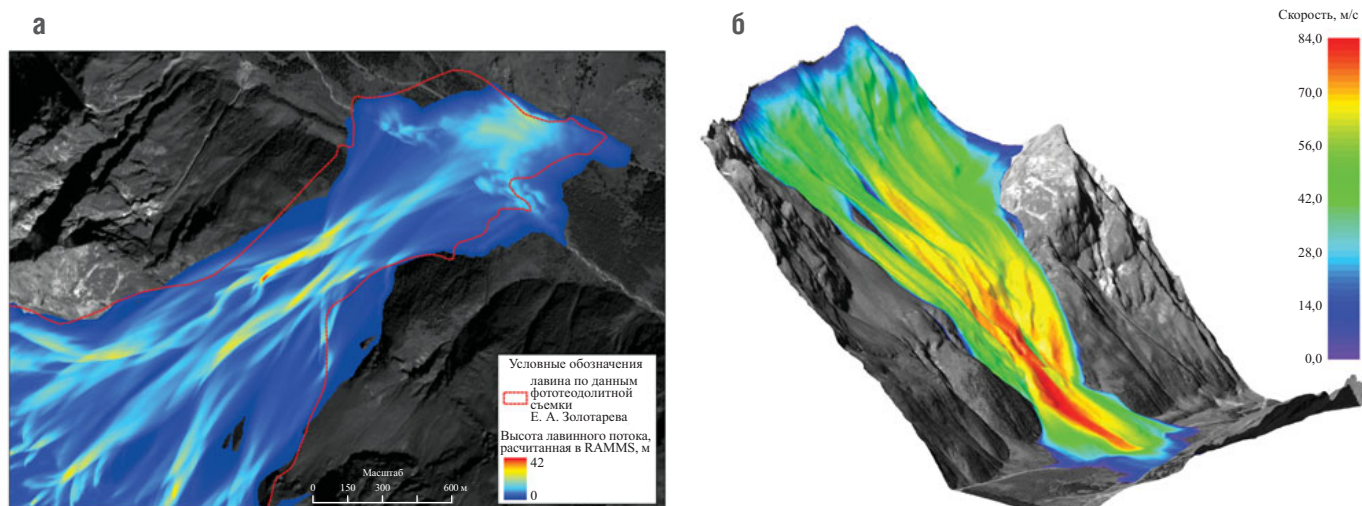


Рис. 4. Результаты моделирования особо крупной лавины, зарегистрированной в 1973 году в лавиносборах № 9 и № 10 в Приэльбрусье: а) максимальная высота потока (м); б) максимальная скорость (м/с), представленная на 3-D визуализации лавиносборов (космический снимок Cartosat-1, 2007 г.)

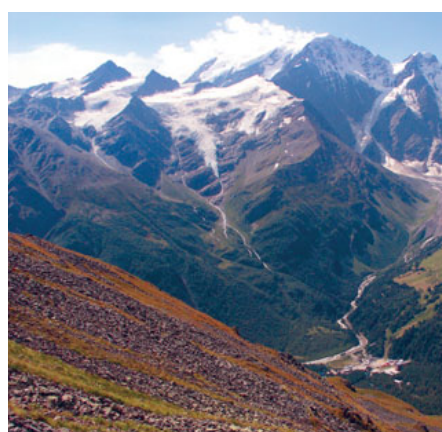


Рис. 5. Лавиносбор, из которого сходит «Когутайская» лавина, угрожающая Чегетской поляне

200 см) независимо от общей толщины снежного покрова, что сближает условия зарождения и движения лавин в двух районах в подобных по морфологии лавиносборах. Сказанное выше может служить теоретическим обоснованием для предложенного смещения высотных интервалов, рекомендованных для Швейцарии, при выборе значений коэффициентов трения в Хибирах.

В Приэльбрусье программа RAMMS применялась для моделирования и реконструкции динамических характеристик особо крупных лавин, которые представляют большую опасность для жителей и рекреантов на дне долины. Границы особо крупных лавин были получены по данным фактических наблюдений, а также разновременным аэрофото- и космическим снимкам.

Е.А. Золотаревым [7] была проведена фототеодолитная съемка одной из самых крупных из зарегистрированных в Приэльбрусье лавин, сошедшей 5.12.1973 г. в расположенных на северном склоне г. Чегет лавиносборах № 9 и № 10 (рис. 3). Объем обрушившегося из зоны зарождения снега составил 2,1 млн м³. Зона зарождения лавины (70 га) и средняя толщина снега в ней (3 м) были за-

даны в RAMMS по данным фактических наблюдений. Период повторяемости лавины 1973 г. задан в RAMMS, как один раз в 300 лет. Для моделирования использованы значения коэффициентов трения (μ и ζ), рекомендованные для Швейцарии для аналогичного диапазона высот и изменяющиеся по ходу движения в зависимости от характера подстилающей поверхности. При моделировании лавины учтена лесная растительность на дне долины, граница которой задана по космическому снимку (Cartosat-1 (IRS-P5), 2007 г.). В результате в программе удалось воссоздать дальность выброса лавины 1973 года, но контур лавинных отложений был воссоздан не полностью (рис. 4). Максимальные динамические характеристики по данным расчетов в RAMMS составили: скорость — 84 м/с; высота лавинного потока — 41 м; сила удара — 2826 кПа. На основе результатов моделирования лавины 1973 года, приведенной в качестве эталона, установлено, что для моделирования особо крупных лавин с применением RAMMS в Приэльбрусье возможно использование коэффициентов трения (μ и ζ (м/с²)), предложенных для Швейцарии, без изменений.

Для проверки полученного вывода в RAMMS выполнено моделирование особо крупных лавин, угрожающих полянам Чегет («Когутайская» лавина) и Терскол («Шанхайская» лавина).

Чегетская поляна (рис. 5), возникшая в связи с уничтожением сосновых лесов на Когутайском склоне и на дне долины под многократным воздействием снежных и ледовых лавин [1], хорошо выделяется на аэрофотоснимках (конца 1940-х — начала 1950-х гг.; 1957 г.), сделанных до начала ее активного освоения (середина 1960-х гг.). Лавиносбор (см. рис. 5), из которого сходит «Когутайская» лавина, имеет сложное двухкамерное строение.

Первоначально в программе RAMMS моделировалось движение лавины 1987 года, для которой были доступны фактические данные [5]. Особо крупная лавина 1987 года сошла 9 января из левой «камеры» зоны за-

рождения лавиносбора, перекрыла Чегетскую поляну и достигла гостиничного комплекса. После схода лавины была выполнена фототеодолитная съемка всего лавиносбора. Средняя толщина снега на линии отрыва составила 2,9 м, а площадь зоны зарождения лавины около 400 тыс. м². Объем снега, сошедшего из зоны зарождения (с учетом регионального коэффициента лавинного уплотнения 1,7) был определен как 1,15 млн м³, а на конусе выноса он составил 680 тыс. м³. Для моделирования лавины 1987 года в RAMMS использованы значения площади зоны зарождения и объема из работы [5]. Период повторяемости лавины 1987 года задан в RAMMS, как один раз в 30 лет. Основанием для этого послужили фактические данные: «Когутайская» лавина неоднократно сходила на дно долины и достигала гигантских размеров [5]. При расчетах учтена лесная растительность на дне долины.

Смоделированная в RAMMS лавина, как и фактическая, достигает гостиничного комплекса (рис. 6), растекаясь на конусе выноса шире по сравнению с лавиной 1987 года. Контур границы распространения лавинных отложений 1987 года воссоздать не удалось, что в первую очередь связано с актуальностью и точностью используемого картографического материала. Интересно отметить, что при выходе лавины в зону транзита в программе RAMMS моделируется заплеск лавинного потока (в орографически левой его части) через боковой гребень и выход его на дно долины р. Донгуз-Орунбаксан. Исторических сведений, подтверждающих такой феномен, найти в работе не удалось. Возникло предположение, что появление заплеска вызвано неточностью исходного картографического материала. Тем не менее были проанализированы доступные карты и разновременные ДДЗ, фотоматериалы. В зоне выката заплеска на дно долины четко дешифрируется лавинный прочес. В ходе эксперимента установлено, что при моделировании в RAMMS лавины меньшего объема из рассматриваемого лавинного очага — заплеск не наблюдается.

Максимальные характеристики лавины 1987 года по данным расчетов в RAMMS составили: скорость — 67 м/с; высота лавинного потока — 32 м; сила удара — 1357 кПа. При моделировании лавинных отложений 1987 года в RAMMS получен удовлетворительный результат. Полученные результаты, учитывая особо крупный объем лавины 1987 года, подтвердили ранее полученный вывод о возможности использования значений коэффициентов трения, рекомендованных для Швейцарии, для определения дальности выброса особо крупных лавин в Приэльбрусье. При интерпретации результатов моделирования в рассматриваемом районе граница распространения лавинных отложений должна подвергаться критическому экспертному анализу.

В связи с тем что дальность выброса лавины 1987 года неоднократно была превышена (к примеру, в 1932 и 1954 гг.), в программе RAMMS предпринята попытка моделирования лавины с предельной дальностью выброса. В работе [5] установлено, что такая лавина может наблюдаться: при синхронном сходе двух «камер» зоны зарождения (3-й вариант); при последовательном во времени сходе левой, затем правой «камер» (4-й вариант). В программе RAMMS выполнено моделирование 3-го варианта. Моделирование 4-го варианта затруднено сложностью формализации характера лавинных отложений лавины из левой «камеры», являющихся подстилающей поверхностью для движения лавины из правой «камеры».

Потенциальная зона зарождения «Когутайской» лавины при синхронном сходе двух «камер» и средняя толщина снега в ней (2,5 м) были заданы в RAMMS по материалам статьи [5]. Площадь зоны зарождения лавины составила около 790 тыс. м² (левой части — около 400 тыс. м²; правой части — около 390 тыс. м² (авторами статьи [5] приводится значение 450 тыс. м²)). Период повторяемости модельной лавины задан в RAMMS, как один раз в 300 лет. При моделировании учтена лесная растительность на дне долины, граница которой задана по космическому снимку (Cartosat-1 (IRS-P5), 2007 г). Объем снега, рассчитанный с использованием RAMMS, сошедшего из зоны зарождения, составил 2,37 млн м³. Смоделированная в RAMMS лавина (рис. 6) полностью перекрывает поляну Чегет. Максимальные характеристики лавины составили: скорость — 70 м/с; высота лавинного потока — 57 м; сила удара — 1469 кПа. Подобная лавина могла образовывать лесной прочес, заметный на аэрофотоснимках (конца 1940-х — начала 1950-х

гг.; 1957 г.). Тем не менее нет оснований утверждать, что дальность выброса модельной лавины не будет превышена при последовательном во времени сходе левой, затем правой «камер» зоны зарождения (4-й вариант из статьи [5]). В связи с этим подчеркнем, что граница предельной дальности выброса, показанная на рис. 6, не является максимальной.

Описание исходных данных и результатов моделирования в RAMMS «Шанхайской» лавины приведены в статье [11]. С использованием рекомендованных для Швейцарии значений коэффициентов трения была реконструирована лавина, которая могла образовывать лесной прочес, заметный на фотоснимке конца 1940-х — начала 1950-х гг.

Выводы

В России моделирование снежных лавин в программе RAMMS выполнено впервые. На основе сравнения результатов расчетов с данными фактических наблюдений (как правило, границей лавинных отложений) установлено, что:

- для моделирования движения снежных лавин в Хибинах (абсолютные высоты менее 1200 м над уровнем моря) с применением двумерной модели RAMMS необходимо использование коэффициентов трения (μ (-) и ζ (м/с²)), соответствующих в Швейцарских Альпах высотному диапазону выше 1500 м над уровнем моря;
- для моделирования дальности выброса особо крупных лавин с применением RAMMS в Приэльбрусье, образующихся в различных диапазонах высот, возможно использование значений коэффициентов трения (μ (-) и ζ (м/с²)), используемых в Швейцарских Альпах для лавин в аналогичных диапазонах;
- наилучшие результаты моделирования контуров фактических лавинных отложений получены при использовании ЦМР, созданной по топографическому плану масштаба 1:5000 (Хибинь, «Шанхайская» лавина и лавина с г. Чегет 5.12.1973 г). При использовании ЦМР с более низким разрешением («Когутайская» лавина) контур воспроизводится неудовлетворительно.

Анализ результатов моделирования особо крупных лавин в Приэльбрусье показал, что использование программы RAMMS позволяет реконструировать ранее сошедшие лавины и определить их динамические характеристики, информация о которых отсутствует.

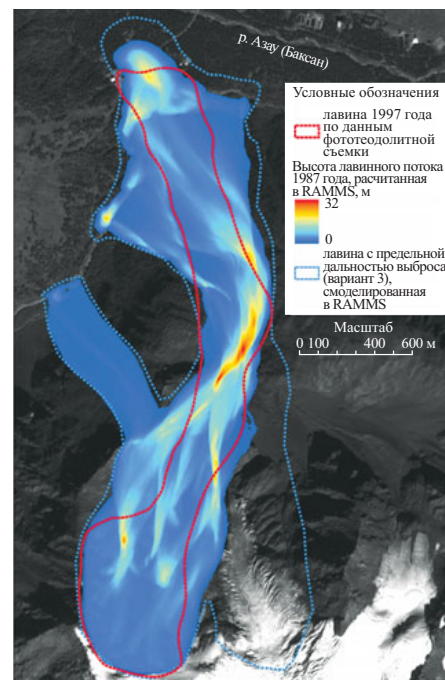


Рис. 6. Результаты моделирования в RAMMS: высоты потока (м) особо крупной лавины, зарегистрированной в 1987 году в «Когутайском» лавиноборе; лавины с предельной дальностью выброса (вариант 3 из статьи [5])

Для обеспечения безопасности местных жителей и рекреантов в Приэльбрусье необходимо срочно провести дополнительные снеголавинные изыскания с целью обеспечения комплекса организационно-хозяйственных, профилактических и инженерных противолавинных мероприятий.

С учетом принятых в настоящей работе уточнений программа RAMMS может быть рекомендована для использования на практике при проведении инженерных гидрометеорологических изысканий: при оценке лавинной активности, опасности и риска, а также проектировании противолавинных инженерных сооружений в России. Результаты работы могут быть учтены при совершенствовании нормативных документов, регламентирующих порядок проведения инженерных гидрометеорологических изысканий, направленных на решение проблем лавинной опасности.

Авторы статьи выражают благодарность П. Бартелту, М. Кристену, О. Бусеру, П.А. Черноусу, С.А. Сократову, Е.С. Клименко, С.Х. Созаеву, Е.А. Золотареву, А.А. Алейникову за участие и поддержку в ходе выполнения данной работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алейников А.А., Володичева Н.А., Олейников А.Д., Петраков Д.А. Ледниковая и лавинная опасность рекреационного комплекса «Чегетская поляна» в Приэльбрусье // Лед и снег. Вып. 2 (114). М.: Наука, 2011. С. 45–52.
2. Божинский А.Н., Лосев К.С. Основы лавиноведения. Л.: ГИМИЗ, 1987. 280 с.
3. Болов В.Р. О механизме образования лавин из «снежной доски» при наличии горизонта разрыхления // Тр. ВГИ. Вып. 46. Нальчик, 1980. С. 29–41.
4. Вукулина М.А. Оценка лавинной активности, опасности и риска (на примере Хибин): дис. ... канд. геогр. наук. М., 2009. 150 с.

5. Володичева Н.А., Золотарев Е.А., Ефремов И.Ю., Миронова Е.М., Олейников А.Д. Применение численного моделирования для описания движения снежных лавин // МГИ. Вып. 69. М., 1990. С. 19–24.
6. ВСН 02-73. Указания по расчету снеголавинных нагрузок при проектировании сооружений. М.: Московское отделение Гидрометеониздата, 1973. 24 с.
7. Золотарев Е.А. Крупномасштабное картографирование лавин и лавинной опасности / под редакцией Е.С. Трошкиной. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. 152 с.
8. Миронова Е.М. Численный расчет лавинных потоков на основе двумерной гидравлической схемы // МГИ. Вып. 53. М., 1985. С. 113–115.
9. Седова А.С., Селиверстов Ю.Г., Тумасьева В.А., Клименко Е.С., Воронина Е.А. Цифровая модель рельефа как основа для исследования снежных лавин // Лед и снег. Вып. 2 (110). М.: Наука, 2010. С. 43–49.
10. Селиверстов Ю.Г. Геоинформационное картографирование снежных лавин и водоснежных потоков в НИЛ снежных лавин и селей // В сб.: Снежные лавины, сели и оценка риска. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004. С. 14–25.
11. Селиверстов Ю.Г., Созаев С.Х., Харьковец Е.Г., Турчанинова А.С., Глазовская Т.Г., Клименко Е.С. Моделирование катастрофических лавин в Приэльбрусье // Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций: XII научно-практическая конференция. 17–18 октября 2012 г. Доклады и выступления. М.: ФКУ Центр «Антистихия» МЧС России, 2013. С. 246–251.
12. СН 517-80. Инструкция по расчету снеголавинных нагрузок при проектировании снеголавинных сооружений. М., 1980. 17 с.
13. Соловьев А.Ю. Геоинформационные методы исследования лавинной опасности на примере Хибинского горного массива: дис. ... канд. геогр. наук. М., 2002. 143 с.
14. Турчанинова А.С. Сравнительный анализ методик расчета динамических параметров снежных лавин при проведении инженерных изысканий // Геориск. Вып. 2. М.: Геомаркетинг, 2012. С. 32–36.
15. Шныпарков А.Л. Особо крупные лавины и условия их массового схода: автореф. дис. ... к.г.н. М, 1990, 22 с.
16. Bozhinskiy A.N. (2008) Modelling of snow avalanche dynamics: influence of model parameters. *Annals of Glaciology*, 49, p. 38–42.
17. Bartelt P., Buehler Y., Christen M., Deubelbeiss Y., Salz M., Schneider M., Schumacher L. (2013). RAMMS. A numerical model for snow avalanches for research and practice. User Manual v.1.5. Avalanche. WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF. 110 p.
18. Buser O., Bartelt P. (2009). Production and decay of random kinetic energy in granular snow avalanches // *Journal of Glaciology*, Vol. 55, No. 189.
19. Christen M., Bartelt P., Kowalski J. (2010). RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. *ELSEVIER. Cold Regions Science and Technology* 63, 1–10.
20. Salm B. (1966). Contribution to avalanche dynamics. International Association of Scientific Hydrology Publication 69 (Symposium in Davos 1965 — Scientific Aspects of Snow and Ice Avalanches), 199–214.
21. Voellmy A. (1955). Über die Zerstörungskraft von Lawinen. *Shweiz. Bauzeitung*, vol.73.
22. URL: <http://ramms.slf.ch/ramms/> — официальный сайт, посвященный программе RAMMS.
23. URL: <http://www.slf.ch/> — официальный сайт Швейцарского института снеголавинных исследований (Давос).

Журнал «Инженерные изыскания» — лучшая площадка для Вашей рекламы!



The Dependence of The Results of Quantitative Evaluation of Slope Stability from The Choice of The Model Distribution of Soil Properties

FOMENKO I.K.

Chief geotechnical specialist at Scientific Production Center for Civil Engineering, Doctor of Sciences, ifolga@gmail.com

KUVSHINNIKOV V.M.

Professor of engineering geology department at Russian State Geological Prospecting University n. a. Sergo Ordzhonikidze (MGRI-RSGPU), Ph.D., kv-igit@mail.ru

BUFEEV F.K.

Postgraduate, Russian State Geological Prospecting University n. a. Sergo Ordzhonikidze (MGRI-RSGPU), fbueev@hotmail.com

Key words: models of soil properties distribution, quantitative assessment of slope stability.

Abstract: in this article the influence of soil properties distribution models on the quantitative assessment results of slope stability is considered. Three models of soil properties possible distribution in the landslide/potentially landslide hazardous slopes are considered: the way used in domestic engineering geological practice — soil properties parameter values are set within outlined geological items; the abroad practice way — soil properties normative values are set within selected lithological types; way, using the field of soil properties distribution in massive.

The model analysis of slope stability general assessment using different principles of soil properties distribution shows that they have influence on the sliding surface position and the coefficient of slope stability value, thus slope stability problem correct solution can't be found without the substantiation of soil properties distribution model in the slope massive.

REFERENCES

1. Zerkal' O.V., Fomenko I.K. Ocenka vlijanija anizotropii svoystv gruntov na ustojchivost' sklonov // Inzhenernye izyskanija. 2013. № 9. (RUS).
2. Fomenko I.K. Matematicheskoe modelirovanie naprjazhennogo sostojanija inzhenerno-geologicheskogo massiva, slozhennogo anizotropnymi gornymi porodami: dis. ... kand. geol.-miner. nauk: 04.00.07, Moskva, 2001. (RUS).
3. SP 36.13330.2012 Magistral'nye truboprovody. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 2.05.06-85*. (RUS).
4. Pendin V.V., Fomenko I.K. Metodologija ocenki i prognoza opolznevoj opasnosti. M.: LENAND, 2015. 230 s. (RUS).
5. SP 11-105-97 Inzhenerno-geologicheskie izyskanija dlja stroitel'stva. Chast' II. Pravila proizvodstva rabot v rajonah razvitiya opasnyh geologicheskikh i inzhenerno-geologicheskikh processov. (RUS).
6. Krahn J. Stability modeling with SLOPE/W. An Engineering Methodology: First Edition, Revision 1, Calgary, Alberta: GEO-SLOPE International Ltd., 2004, p. 396.

Modeling of Snow Avalanches Using Ramms in Russia

TURCHANINOVA A.S.

Research associate, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Research Laboratory of Snow Avalanches and Debris Flows, alla_wave87@mail.ru

SELIVERSTOV Y.G.

Research associate, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Research Laboratory of Snow Avalanches and Debris Flows

GLAZOVSKAYA T.G.

Leading research associate, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Research Laboratory of Snow Avalanches and Debris Flows

Key words: modeling of snow avalanches, avalanche run out distance, flow velocity and impact pressure, RAMMS, GIS.

Abstract: the main goal of our investigation was to test the capabilities of Swiss avalanche dynamics program RAMMS [19] to simulate and back-calculate well-documented avalanches in Russia (according to the observation field data presented in a way of the large-scale GIS for two mountain regions — Khibini Mountains and Mt. Elbrus). The friction parameters (μ (-) and ζ values (m/s²)) may be taken from the upper altitude limit (above 1500 m above sea level (m.a.s.l.)) of the table recommended for Switzerland (implemented into RAMMS) for simulations in the Khibini Mountains (absolute height less than 1200 m.a.s.l.). RAMMS could be used for simulation of rare extreme avalanche events in the Mt. Elbrus region using friction parameters values recommended for Switzerland with no change. In such a way a high level of correspondence of observed and simulated avalanches was found. At such modification RAMMS allows to reconstruct runout distances and to define the dynamic characteristics of the historical avalanches field observations for which are absent. Thus, we state that RAMMS should be implemented into Russian avalanche hazard assessment practice as a powerful tool that can resolve a lot of problems of snow avalanche engineering in our country.

Summary

The main goal of our investigation was to test the capabilities of Swiss avalanche dynamics program RAMMS [17, 19, 22] to simulate

and back-calculate well-documented avalanches (with volumes from 2 000 up to 2 100 000 m³) in Russia (according to the observation field data presented in a way of the large-scale GIS for two mountain regions — Khibini Mounta-

ins and Mt. Elbrus). It is established that the change of the friction coefficients used in the RAMMS model (defined for the Alps) allows applying the model in other mountain regions. The friction parameters (μ (-) and ζ values

(m/s²)) may be taken from the upper altitude limit (above 1500 m above sea level (m.a.s.l.)) of the table recommended for Switzerland (implemented into RAMMS) for simulations in the Khibini Mountains (absolute height less than 1200 m.a.s.l.). RAMMS could be used for simulation of rare extreme avalanche events in the Mt. Elbrus region using friction parameters values recommended for Switzerland with no change. In such a way a high level of correspondence of observed and simulated avalanches was found. At such modification RAMMS allows to reconstruct runout distances and to define the dynamic characteristics of the historical avalanches field observations for which are absent. According to the obtained results in both regions we state that RAMMS should be implemented into Russian avalanche hazard assessment practice as a powerful tool that can resolve a lot of problems of snow avalanche engineering.

The avalanche dynamics program RAMMS, developed in Switzerland by the SLF [23] using the VS model was verified by the data from the Khibini Mountains and the Caucasus. The 5 m resolution input DEM was used in both regions. The calculation (output) resolution was specified as 5 m and 10 m in some cases. Release zones and fracture snow heights were specified from the digital large-scale avalanche database. We used the possibility to prescribe the friction parameters manually as well as the option to use the automatic procedure given by the program. The values for the parameters chosen are based on terrain features such as open slope/flat terrain/channeled/gully or forested/non-forested according to the friction parameter table given for Switzerland. The friction parameters could be variable when they are modified by the automatic procedure or could be chosen constant over the avalanche path. In this paper snow entrainment as well as temperature effects are not considered.

Khibini Mountains. We applied RAMMS to simulate more than 50 well-documented avalanche events recorded in 7 avalanche test sites in the Khibini Mountains with volume from 2 000 up to 120 000 m³. We started to simulate all avalanche events from the digital large-scale ava-

lanche database using the VS model with reference to the friction parameter table given for Switzerland in order to back-calculate them. According to this table, friction parameters μ and ζ depend on the altitude (m.a.s.l.) and are usually specified corresponding to the altitude limits as, above 1500/1000 – below 1500/1000 m.a.s.l. The highest point of the Khibini Mountains is 1208 m. All considered avalanche paths are located on the altitude below 1000 m. The comparative analysis of regional characteristics of the Khibini Mountains and the Swiss Alps showed us that the mean annual temperature of the coldest month at an altitude of the most common avalanche release zone is almost similar in both regions. While the altitude of the Khibini Mountains is relatively low, the release zones are steep enough (35–40° on average). Slab avalanches are dominating in both regions. Due to these facts, indicating that avalanches hardly depend directly on the altitude, but rather on climatic conditions, we used for the Khibini Mountains (polar region) the μ and ζ values «above 1500 m.a.s.l.» given by the table recommended for Switzerland. As a result we were able to back-calculate shapes of most observed avalanches (mainly medium avalanches with volumes 25–60 000 m³). Concerning maximum avalanche speeds they correspond in general to the values measured in this region. According to the results obtained by the simulations we argue that our assumption works satisfactory and could be recommended (until we know better) for the future RAMMS application by practitioners for the avalanche hazard assessment in the Khibini Mountains.

Caucasus. Extreme rare catastrophic avalanches are a threat to villages, roads as well as recreation areas in the Mt. Elbrus region. The goal of our investigation was to test the capabilities of RAMMS to model the flowing behavior of such avalanches, as well as to compare the observed runout distances. The detailed description of the largest observed extreme avalanche (volume 2 100 000 m³) recorded in 1973 by Zolotarev [7] was used in this study. This avalanche released on the north face slope of the Mt. Cheget (upper part of the Baksan valley). The simultaneous release covered an area of almost 70 hectares. Two avalanche re-

lease zones are acting on this area as usual. The return period of the avalanche is 300 years according to the vegetation analysis. As input we specified the observed release zone. The specified fracture height corresponded to the mean observed value of 3 m. The forest was considered during the simulation and specified according to the remote sensing data. We simulated this avalanche and other extreme rare avalanches with the VS model with a 300 year return period using variable friction parameters obtained from the automatic procedure implemented into RAMMS (values recommended for Switzerland). As a result RAMMS almost reproduced the observed starting and transit zone behavior and reconstructed the outline of the observed avalanche in the runout zone. According to the obtained results (taking into the account the tremendous volume of an avalanche) we argue that RAMMS could be used for simulation of rare extreme avalanches in the Mt. Elbrus region using the values of the friction parameters recommended for Switzerland. For the avalanche safety of locals and tourists in the Mt. Elbrus region it is necessary to carry out urgently additional researches for the purpose of providing a complex of the avalanche protection measures.

The avalanche dynamics program RAMMS was tested in the Khibini Mountains and in the Caucasus (Mt. Elbrus region), Russia for the first time. According to the obtained results in both regions we state that RAMMS should be implemented into Russian avalanche hazard assessment practice as a powerful tool that can resolve a lot of problems. The friction parameters (μ and ζ values) may be taken from the upper altitude limit (above 1500 m.a.s.l.) of the table recommended for Switzerland (implemented into RAMMS) for simulations in the Khibini Mountains. In such a way a high level of correspondence of observed and simulated avalanches was found. RAMMS could be used for simulation of rare extreme avalanche events in the Mt. Elbrus region using friction parameters values recommended for Switzerland. We hope that our results can be helpful for the future development of avalanche hazard zoning in Russia.

REFERENCES

1. Alejnikov A.A., Volodicheva N.A., Olejnikov A.D., Petrakov D.A. Lednikovaja i lavinnaja opasnost' rekreacionnogo kompleksa «Chegetsckaja poljana» v Prijel'brus'e // *Led i sneg*. Vyp. 2 (114). M.: Nauka, 2011. S. 45–52. (RUS).
2. Bozhinskij A.N., Losev K.S. Osnovy lavinovedenija. L.: GIMIZ, 1987. 280 s. (RUS).
3. Bolov V.R. O mehanizme obrazovanija lavin iz «snezhnoj doski» pri nalichii gorizonta razryhlenija // *Tr. VG*. Vyp. 46. Na'chik, 1980. S. 29–41. (RUS).
4. Vikulina M.A. Ocenka lavinnoj aktivnosti, opasnosti i riska (na primere Hibirin): dis. ... kand. geogr. nauk. M., 2009. 150 s. (RUS).
5. Volodicheva N.A., Zolotarev E.A., Efremov I.Ju., Mironova E.M., Olejnikov A.D. Primenenie chislennogo modelirovanija dlja opisaniya dvizhenija snezhnyh lavin // *MGI*. Vyp. 69. M., 1990. S. 19–24. (RUS).
6. VSN 02-73. Ukazaniya po raschetu snegolavinnih nagruzok pri proektirovanii sooruzhenij. M.: Moskovskoe otdelenie Gidrometeoizdata, 1973. 24 S. (RUS).
7. Zolotarev E.A. Krupnomasshtabnoe kartografirovanie lavin i lavinnoj opasnosti / pod redakciej E.S. Troshkinov. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1981. 152 S. (RUS).
8. Mironova E.M. Chislennyj raschet lavinnyh potokov na osnove dvumernoj gidravlicheskoj shemy // *MGI*. Vyp. 53. M., 1985. S. 113–115. (RUS).
9. Sedova A.S., Seliverstov Ju.G., Tumas'eva V.A., Klimenko E.S., Voronina E.A. Cifrovaja model' rel'efa kak osnova dlja issledovanija snezhnyh lavin // *Led i sneg*. Vyp. 2 (110). M.: Nauka, 2010. S. 43–49. (RUS).
10. Seliverstov Ju.G. Geoinformacionnoe kartografirovanie snezhnyh lavin i vodosnezhnyh potokov v NIL snezhnyh lavin i selej // *V sb.: Snezhnye laviny, seli i ocenka riska*. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 2004. S. 14–25. (RUS).

11. Seliverstov Ju.G., Sozaev S.H., Har'kovec E.G., Turchaninova A.S., Glazovskaja T.G., Klimenko E.S. Modelirovanie katastroficheskikh lavin v Prijel'brus'e // Problemy prognozirovaniya chrezvychajnykh situacij: XII nauchno-prakticheskaja konferencija. 17–18 oktjabrja 2012 g. Doklady i vystuplenija. M.: FKU Centr «Antistihija» MChS Rossii, 2013. S. 246–251. (RUS).
12. SN 517-80. Instrukcija po raschetu snegolavinyh nagruzok pri proektirovanii snegolavinyh sooruzhenij. M., 1980. 17 s. (RUS).
13. Solov'ev A.Ju. Geoinformacionnye metody issledovanija lavinnoj opasnosti na primere Hibinskogo gornogo massiva: dis. ... kand. geogr. nauk. M., 2002. 143 s. (RUS).
14. Turchaninova A.S. Sravnitel'nyj analiz metodik rascheta dinamicheskikh parametrov snezhnyh lavin pri provedenii inzhenernyh izyskanij // Georisk. Vyp. 2. M.: Geomarketing, 2012. S. 32–36. (RUS).
15. Shnyparkov A.L. Osobo krupnye laviny i uslovija ih massovogo shoda: avtoref. dis. ... k.g.n. M., 1990. 22 s. (RUS).
16. Bozhinskiy A.N. (2008) Modelling of snow avalanche dynamics: influence of model parameters. *Annals of Glaciology*, 49, p. 38–42. (RUS).
17. Bartelt P., Buehler Y., Christen M., Deubelbeiss Y., Salz M., Schneider M., Schumacher L. (2013). RAMMS. A numerical model for snow avalanches for research and practice. User Manual v.1.5. Avalanche. WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF. 110 p. (RUS).
18. Buser O., Bartelt P. (2009). Production and decay of random kinetic energy in granular snow avalanches. *Journal of Glaciology*, vol. 55, No. 189.
19. Christen M., Bartelt P., Kowalski J. (2010). RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. *EL-SEVIER. Cold Regions Science and Technology* 63, 1–10.
20. Salm B. (1966). Contribution to avalanche dynamics. International Association of Scientific Hydrology Publication 69 (Symposium in Davos 1965 — Scientific Aspects of Snow and Ice Avalanches), 199–214.
21. Voellmy A. (1955). Über die Zerstörungskraft von Lawinen. *Shweiz. Bauzeitung*, vol. 73.
22. URL: <http://ramms.slf.ch/ramms/>.
23. URL: <http://www.slf.ch/>.

Scale assessment of active tectonic faults of the crust on the intensity of radon exhalation from the depths to the construction site and the existing energy facilities

ULYANOV V.

Senior Researcher, Pridneprovsky Research and Educational Institute of innovative technologies in construction, Dnepropetrovsk, Ukraine, vuluanov@mail.ru

SEDIN V.L.

Head of the Foundation Engineering Department of Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, DSc (doctor of science in Technics), professor, Dnepropetrovsk, Ukraine, geotecprof@mail.ru

BIKUS K.M.

Assistant professor of the Foundation Engineering Department of Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, PhD, Dnepropetrovsk, Ukraine, geotecprof@mail.ru

Key words: tectonics, active fault, geodynamics, seismicity, check radon.

Abstract: the paper proposes a numerical scale depending on the degree of activity of tectonic faults of the crust on the intensity of the subsoil radon emission. The presence of this scale will allow to reassess the seismotectonic conditions of construction sites, including both existing and under construction nuclear power plants.

SUMMARY

In this article, first proposed the united universal scale of the dependence of tectonic crust fractures activity from the emission rate of radon from the soil and radon from groundwater.

This scale allows to re-evaluate in new way the seismotectonic conditions of the sites of operating nuclear power plants and nuclear power plants under construction. Scale range of radon volumetric activity in groundwater is optimal for tasks of geotechnics and seismic prediction.

Practical application of the proposed single universal scale can be done at the sites of nuclear power plants in seismically active regions, and in a seismically inactive region of the globe. It is allowed to specify the scale of the proposed boundary options that may be slightly

different for the seismically active and seismically inactive area.

For a wide scale use more researches are needed concerning the quality of express definition of volumetric activity of radon in soil and radon in groundwater. It is necessary to develop and adopt a common methodology for sampling water from wells.

Radioactive minerals in rocks can distort the measurement results. It is important to make research to clarify the effects of these radioactive minerals on the parameters of the scale.

It is necessary to provide further study of dependence between the obtained values of radon volumetric activity and the hydrodynamic conditions of sampling points of water. Very important are characteristics of used boreholes: self-emission, drainage, thermal, carbonated.

An important factor is the location of testing boreholes in relation to the elements of fault zones. The wells should be placed on profiles across the fault zone. The number of wells should be no less than three. The central well must necessarily be in the fault zone.

From the experience of radonometry at power stations it can be concluded that such researches required a completely new specially designed drill holes. It should be equipped with a faucet ("bell") in the bottom of the barrel that has permeable bottom on the powerful drainage basis.

If old existing wells of different construction (hydrogeological, geotechnical, search, technology, geophysical) will be in use, the result of the research will often be unsatisfactory.