

УДК 551.578.48

Система GAZEX инициирования снежных лавин как инструмент контроля сброса снега со склонов малыми порциями

© 2012 г. Д.В. Тетекин^{1,3}, Н.И. Осокин¹, Н.А. Володичева²

¹Институт географии РАН, Москва; ²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова;

³Группа компаний «Горимпекс», Москва

d391@rambler.ru

Статья принята к печати 16 июня 2011 г.

Аваланчер, активный спуск лавин, взрыв над снежным покровом, дистанционное управление.

Artificial avalanche realize, avalancher, explosion above snow surface, remote control.

С 2002 г. на территории Российской Федерации применяется противолавинная система GAZEX – наиболее признанная среди аналогичной продукции во всём мире. Рассмотрено её использование в России, а также проанализирован мировой опыт применения систем активного воздействия на снежный покров для инициирования лавин. Дан обзор наиболее распространённых в настоящее время систем, эксплуатирующихся на популярных курортах мира. Сделана сравнительная оценка системы GAZEX с другими применяемыми в настоящее время и раньше системами.

Введение

Искусственный спуск лавин, т.е. сброс масс снега со склонов путём целенаправленного воздействия на них, используется в мировой практике очень давно. В 1934 г. после многочисленных экспериментов на железных дорогах в Швейцарии начинают применять миномётно-артиллерийский обстрел опасных склонов. При этом достигались три цели: специалисты по лавинам знали, когда и где сойдёт лавина; снег сбрасывался со склона более мелкими порциями, чем при естественном сходе лавин; специалисты были уверены в стабильном состоянии снега, если при обстреле лавина не возникала.

Зимой 1939/40 г. в СССР лавинная служба комбината «Апатит» (создана после страшной лавинной катастрофы 1936 г., когда под снегом погибли десятки людей) впервые начала применять миномётный обстрел для искусственного спуска лавин [4]. При обстреле зон зарождения лавин сходит почти в 3 раза больше, а их объёмы втрое меньше объёмов естественных лавин. В других горных районах нашей страны используются артиллерийские орудия.

В США специалисты по лавинам начали применять артиллерийские системы в начале 1950-х годов. Сначала это была 75-миллиметровая гаубица времён Первой мировой войны, но уже через несколько лет основным орудием стали лёгкие и мобильные пушки пехоты – безоткатные орудия и гаубицы. Общие недостатки всех стандартных артиллерийских систем – высокая стоимость боеприпасов, недостаточная точность, большое количество осколков и не всегда разрывающиеся снаряды.

Делались попытки создать специальное противолавинное оружие. Ещё в 1950-х годах австрийский инженер Р. Цверина начал разработку противолавинной ракеты, а в начале 1960-х годов в США был создан «аваланчер» (рис. 1) – орудие, которое сжатым воздухом выбрасывало специальный снаряд массой до 1 кг на расстояние 2,5 км. В работе [7] один из авторов пишет: «В 1965 году я присутствовал на показательных стрельбах из аваланчера и пуске швейцарской противолавинной ракеты. Аваланчер своим пузатым баллоном со сжатым воздухом напоминал самовар, а установка для пуска ракеты походила на обычную самоварную трубу. В разрывах наползавших на нас облаков можно было время от времени видеть далёкий заснеженный склон, на



Рис. 1. Аваланчер, современный вид
Fig. 1. Modern view of avalancher

который были нацелены обе установки. И вот снаряды ушли к цели, но облака мешали сразу увидеть результаты обстрела, хотя наблюдатели, вооружённые биноклями, отметили сход лавин».

Для искусственного спуска лавин, проверки устойчивости снега на склоне и его закрепления, кроме артиллерийских систем, применяют заряды взрывчатых веществ. Снаряд, мина или ракета долетают до опасного склона в считанные секунды, а заряд взрывчатки специалист-лавищик доставляет на место сам и укладывает, куда необходимо. Этот способ намного дешевле и в ряде случаев делает его более удобным средством искусственного регулирования лавин. Его целесообразно применять в горнолыжных центрах, где специалисты-лавишники с помощью подъёмников могут быстро доставить взрывчатку к местам закладки зарядов. Вместе с тем стрелять на горнолыжных курортах из артиллерийских систем весьма опасно, так как выстрелы часто бывают неточными и дают много осколков. Требуется специальной подготовки и работа со взрывчаткой. Были случаи, когда работники, пытаясь доставить заряд с горящим бикфордовым шнуром в нужную точку, случайно забрасывали его под ноги своему товарищу или даже на крышу вагончика канатной дороги.

Там, где нет подъёмников, использование взрывчатки для борьбы с лавинами — процесс очень трудоёмкий. Для спуска одной лавины иногда требуется целый день, который специалист тратит в основном на подъём на склон. С этим обычно сталкиваются при обеспечении безопасности горных дорог. В последнее время для доставки работников и сбрасывания зарядов в нужные места используют вертолёты, но их применение лимитируется погодой.

Обстрелы и взрывы для искусственного регулирования лавин используют очень широко: в Швейцарии каждую зиму звучит от 5 до 10 тыс. взрывов, а в США — вдвое больше.

Системы инициирования лавин, наиболее активно использующиеся в мире

Система *CATEX* (рис. 2) подобна горизонтальной канатной дороге, доставляющей взрывчатку в необходимое место, после чего происходит подрыв. Система была популярна до выпуска *GAZEX* (также создана Д. Шипперсом), но потом спрос на неё резко упал из-за сложного и дорогого обслуживания. В Европе на некоторых курортах используют эту систему, но фактически осталось только техобслуживание, новые системы появляются крайне редко.

Созданная в середине прошлого века система *Avalancher* функционирует и в настоящее время. От обычной артиллерийской пушки её отличает большая мобильность, использование для пуска снаряда



Рис. 2. Система CATEX

Fig. 2. CATEX system

сжатого воздуха, особое взрывчатое вещество, разработанное на основе смешения двух жидкостей.

Башня Wyssen — стационарная система, представляющая собой 8-метровый столб со съёмной кассетой в верхней части. В кассете находится 12 зарядов, вылетающих по команде оператора и повисающих в метре над поверхностью; при взрыве образуется сверхдавление на расположенный вокруг снежный покров, что и вызывает сход лавин. Масса съёмной кассеты с 12 зарядами — 680 кг. Масса одного заряда 5 кг. Кассета доставляется вертолётom. В Австрии и Швейцарии действует около 150 систем *Wyssen*.

Мобильная противолавинная установка *Daisy bell* крепится на внешней подвеске (15–40 м) к вертолётu, который делает облёт над лавиносборами, зависая над каждой. Оператор системы из кабины даёт команды на взрыв содержащихся в ней смеси водорода и кислорода. За одну зарядку (два баллона) можно обработать до 60 лавиносборов.

В середине 1980-х годов коллективом во главе с французским инженером Д. Шипперсом была разра-



Рис. 3. Командный пункт, Шелтер GAZEX
Fig. 3. GAZEX shelter

ботана, а в 1989 г. запатентована новейшая технология искусственного спуска снега со склонов с помощью системы GAZEX. Принимая во внимание все недостатки ранее разработанных систем, основой этой системы стала взрывчатая смесь кислорода и пропана. Низкая стоимость газа (один выстрел системы в Российской Федерации по ценам на газ в 2011 г. составлял менее 50 руб.), наличие его в свободном доступе любого региона мира, а также отсутствие дополнительных жёстких требований к транспортировке, складированию и использованию (как в случае со взрывчаткой) определяют её конкурентные преимущества по сравнению с другими системами.

Само устройство очень простое [6]. Командный пункт, названный «Шелтером» (рис. 3), содержит резервуары с кислородом и пропаном, а также всю необходимую электронику. Во избежание непредвиденных ситуаций шелтер защищён от проникновения и обычно находится на удалении от основных трасс. К эксплодерам (рис. 4) — металлическим трубам, расположенным непосредственно на лавиносборах, из резервуаров, находящихся в командном пункте, идут трубы с газом. Затем внутри эксплодера происходит смешение газа, о чём сигнализирует датчик, подающий автоматический сигнал к подрыву газовой смеси.

Обычно воздействие ведётся при достижении свежеснежившим снегом толщины 50 см. Однако в зависимости от региона эта цифра может быть и больше, что увеличивает зону отложения лавины, и меньше, что сокращает путь лавины. Спущенные малыми порциями лавины разгребают ратраками или бульдозерами, в случае защиты автодорог очищая при этом лавинные каналы во избежание их забивания и увеличения транзита последующих лавин.



Рис. 4. Эксплодер GAZEX
Fig. 4. GAZEX exploder

Система GAZEX

Особенности воздействия на снежный покров при работе с системой. Эквивалент в несколько килограммов взрывчатки воздействует на снежный покров следующим образом: 1) избыточное давление ломает поверхность снежного покрова, что приводит к повреждению или дезагломерированию кристаллов в зависимости от типа снега; 2) отрицательное давление, создаваемое над снежным покровом, позволяет воздуху, содержащемуся в покрове, расширяться и поднять верхнюю его часть; 3) сдвиг снежного покрова под действием гравитации вызывает ответный сдвиг на склоне областей, соседних с той частью, которая испытала воздействие.

Спуск лавины ударной волной наиболее эффективен во время снегопада или сразу после него, так как снежный массив легко может быть поднят за счёт давления разряжения; кроме того, плотность снега понижена и в снежном массиве содержится большое количество воздуха. Позже, при слеживании снега, он уплотняется и его структура становится более прочной. Взрыв, инициирующий спуск лавины, оказывает тройное действие: давление ударной волны по нормали к поверхности снежного

пласта; тангенциальное давление на снежный покров; сейсмические колебания в грунте за газовой пушкой, которые увеличивают площадь охвата снежного покрова.

Воздействие на окружающую среду. Система GAZEX – самая эффективная и безопасная система инициирования схода лавин. За всю историю эксплуатации GAZEX, начиная с 1989 г., не было ни одного отрицательного отзыва от экологических служб, курирующих работу GAZEX в странах-пользователях. С помощью этих систем от лавин защищают не только горнолыжные комплексы, но и инфраструктуру (жилые и промышленные районы, дороги) горных регионов. Рассмотрим некоторые вопросы воздействия этой системы на окружающую среду.

1. Ударная волна имеет две фазы: фаза сверхдавления и идущая за ней фаза разряжения. Обе фазы действуют только на снежный покров, вызывая перемещение кристаллов снега в направлении волны. При этом снежный покров перемещается вниз по склону как бы на «воздушной подушке». Энергия ударной волны распределяется следующим образом: 25% идёт на перемещение снега вниз по склону; 25% захватывает снег, располагающийся вверх по склону; 50% теряется в воздухе и не влияет на инициирование схода лавин. Вследствие взрывного выброса газовой смеси скорость перемещения снега по склону (30°) составляет около 500 м/с. Выброс не влияет на почвенно-растительный покров, так как воздействие ударной волны поглощается снегом.

2. Замеры показали, что уровень шума находится в пределах 110 дБ, что вполне допустимо.

3. Эффективность системы GAZEX и её безопасность для окружающей среды подтверждены Европейскими сертификатами качества и испытаний системы, а также разрешением Гидрометеослужбы Российской Федерации на применение GAZEX в России. Отметим, что при взрыве образуется лишь небольшое количество углекислого газа и водяного пара, никакого вредного воздействия на экологическую обстановку в регионе нет.

Управление системой. Оператор, управляющий системой, находится в безопасном месте. Это может быть база спасателей в долине или лавинный домик в пределах защищаемого курорта. Каждый шелтер имеет устройства радио- или GSM-связи, которые передают информацию об уровне газа, температурных показаниях, скорости и направлении ветра на компьютер оператора, использующего специально разработанную программу. Для проведения выстрела оператору необходимо свериться с данными о количестве свежеснежавшего снега за период без профилактических обстрелов и, если этот уровень превы-

шает 50 см (обычная рекомендация компании-производителя), то выбрать нужный шелтер, указать эксплодер, из которого будет произведён залп, ввести код доступа и произвести выстрел нажатием одной кнопки. С помощью сейсмодатчика, расположенного на шелтере и фиксирующего все движения поверхности в радиусе более 1000 м, программа информирует о результате выстрела. Время подготовки системы между взрывами составляет 2–3 мин.

Из одного центра можно управлять всеми находящимися на курорте системами GAZEX. Например, во Французских Альпах на курорте Альп-Ду-Эз в настоящее время эксплуатируются 104 системы GAZEX, которыми управляют из одной комнаты при помощи двух компьютеров.

Профилактическая обработка склонов, как правило, ведётся ночью или рано утром, когда в горах нет людей, чтобы трассы можно было открыть к началу дня.

Разряжение, вызываемое ударной волной на снежном покрытии, в 2,5 раза меньше избыточного давления, но длится оно в 2,9 раза дольше. Приведём характеристики воздействия системы GAZEX на высоте 2500 м при разных объёмах эксплодера.

Объём эксплодера, м ³	0,8	1,5	3
Избыточное давление, мбар	25	25	25
Радиус воздействия, м	40	55	12
Трогильный эквивалент взрыва, кг	7	77	25

Применение системы на практике. В настоящее время почти в 20 странах мира эксплуатируется свыше 2000 установок. Среди пользователей: Европа (Австрия, Андорра, Германия, Италия, Испания, Россия, Словения, Франция, Швейцария); Азия (Турция, Япония); Северная Америка (Канада, США); Южная Америка (Аргентина, Чили).

Приведём характеристику работы системы GAZEX в Британской Колумбии зимой 1999/2000 г. (письмо Министерства транспорта и автострэд Канады компании-производителю оборудования): «Лавинная активность, создаваемая подрывными устройствами, была впечатляюща. В результате выстрелов линии отрыва снежной доски во многих местах проходили от одного подрывного устройства (эксплодера) до другого. Состояние снежного покрова в начале и середине зимы характеризовалось всеми условиями для успешного спуска лавин. Влажный снежный покров в середине сезона реагировал хорошо, но сырой весенний снег давал уже не такие хорошие результаты. Использование систем GAZEX позволило нам резко уменьшить время закрытия автострэд. Например, до GAZEX в Норт Форке лавинные службы должны были стрелять из 105-миллиметровых безоткатных пушек по многим мишеням. Время стрельбы на пушку составляло от 40 до 60 минут. С системой GAZEX в качестве основ-



Рис. 5. GAZEX в России, курорт «Роза-Хутор»
Fig. 5. GAZEX in Russia, resort «Roza-Khutor»

ного устройства по спуску лавин время стрельбы теперь составляет 14–18 минут, при этом покрывается та же площадь, что и пушками. Время закрытия уменьшилось, а очистка дороги проходит намного быстрее. Мы удовлетворены результатами работы всех систем GAZEX в этом сезоне».

Применение системы GAZEX в Российской Федерации

Особенности снеголавинного режима Красной Поляны, где используется система GAZEX. Западный Кавказ – место, где в течение года выпадает самое большое количество атмосферных осадков в нашей стране. В районе Красной Поляны находится гора Ачишхо – самое влажное место на территории Российской Федерации. На основе выполненных ранее научно-исследовательских работ и данных исследований [2, 7] можно сделать определённые выводы.

1. Среди основных причин схода лавин на данной территории: а) обильные и продолжительные снегопады; как правило, лавины сходят во время этих снегопадов или после них; б) весенний сход лавин из влажного и водонасыщенного снега, причём чаще всего по грунту

2. Район Красной Поляны имеет участки с высокой степенью лавинной опасности, которую

можно значительно снизить, если применять систему принудительного спуска лавин газовыми пушками GAZEX.

3. Правый борт хр. Аибга – обрывистый, поэтому здесь вследствие восточной и юго-восточной розы ветров метелевым перенос формирует большие карнизы свежавывавшего мелкозернистого снега.

4. Своей верхней субальпийской частью (до кромки леса на высоте 1750 м) склон имеет экспозицию от северо-западной до юго-восточной. Преобладание восточной и юго-восточной розы ветров приводит к ветровому переносу снега с юго-восточной части склона на северо-западную.

5. В верхней зоне основных цирков северного склона хр. Аибга снег накапливается интенсивнее благодаря метелевому переносу, а крутое обрамление бортов цирков позволяет считать его зоной зарождения лавин. Необходимо учитывать это при расположении средств активного воздействия для защиты станций канатных дорог и горнолыжных трасс.

6. Некоторые борта цирков имеют южную экспозицию, поэтому при интенсивной солнечной инсоляции здесь образуются снежные корки, а на склонах юго-восточной экспозиции – и ветровые корки. При выпадении свежего снега на корку из-за незначительного сцепления он сходит по ней пластами и снежными досками.

7. До высоты 1750 м весь склон покрыт смешанным лесом, что способствует снегоудержанию на склонах и препятствует зарождению лавин.

Результаты применения. Для защиты подконтрольной территории от разрушительных последствий схода естественных лавин было принято решение о принудительном спуске ограниченных в объёмах лавин с помощью системы GAZEX. Уже в первую зиму система зарекомендовала себя с лучшей стороны, работы вели при любых погодных условиях. Обычно лавинная служба фиксирует уровень осадков и при определённом его значении производится выстрел. При интенсивном снегопаде вызывается спуск нескольких лавин, затем спущенный снег утрамбовывается и переносится в другие места ратраками во избежание забивания русла лавиносбора и схода мокрых лавин из слежавшегося снега.

В 2002 г. в России на курорте «Альпика-Сервис» были установлены первый шелтер и четыре эксплодера, в 2007–2008 гг. ещё один шелтер и четыре эксплодера.

Вот как оценивает генеральный директор «Альпика-Сервис» И.Б. Сорокин результаты эксплуатации первой очереди системы GAZEX в сезоне 2002/03 г: «Осенью 2002 г. впервые в России была смонтирована и запущена в эксплуатацию установка системы GAZEX (для инициации схода снежных лавин в районе горнолыжных трасс курорта «Красная Поляна»). За период зимней эксплуатации с декабря 2002 г. по май 2003 г. было произведено 60 выстрелов взрывных устройств. При этом не было ни одного отказа по техническим причинам. Отмечу высокую надежность, эффективность и безопасность в эксплуатации данного оборудования. Фирма «Альпика-Сервис» в 2003 г. планирует установить ещё несколько взрывных устройств, что повысит безопасность горнолыжного отдыха и даст возможность увеличить площадь эксплуатируемых горнолыжных трасс».

В 2009 г. на площадке «Горная Карусель» был установлен один шелтер и четыре эксплодера, в 2010 г. — ещё один шелтер и два эксплодера для разгрузки наиболее опасных мест на верхней станции третьей очереди канатной дороги и трассы 32. Как было отмечено специалистами противолавинной службы курорта, ситуация была бы крайне тяжёлой, если бы не активное применение GAZEX.

В начале 2011 г. открыт курорт «Роза-Хутор», на котором лавинную безопасность обеспечивали девять эксплодеров GAZEX (рис. 5), управляемые с четырёх шелтеров. Использование системы сразу дало хорошие результаты: снег сбрасывался неболь-

шими порциями во время снегопада и сразу после него. Для обеспечения безопасности катающихся и объектов инфраструктуры будущих Зимних Олимпийских Игр планируется значительно увеличить число эксплодеров и шелтеров GAZEX.

Заключение

Анализ наиболее распространённых систем активного воздействия на снежные лавины, применяемых с 1930-х годов, позволил установить, что из существующих в настоящее время стационарных систем активного воздействия на снежный покров система GAZEX — наиболее применимая в условиях Российской Федерации. Это объясняется и низкой стоимостью выстрела, и свободной продажей газа — нет проблем при заправке баллонов кислородом и пропаном, можно безопасно хранить используемые материалы, отсутствуют вредные отходы при выстреле. Кроме того, система в течение зимы питается от солнечной батареи. Фактически она не даёт сбоев в работе, а дистанционное управление исключает травмирование обслуживающего персонала при проведении работ.

Литература

1. *Войтковский К.Ф.* Лавиноведение М.: Изд-во МГУ, 1989. 158 с.
2. *Заруднев В.М.* Предварительный отчёт по теме «Снежный покров и снежные лавины в районе горнолыжного комплекса фирмы «Альпика-Сервис». Красная Поляна — Ростов, Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 1993. 63 с.
3. *Каиштанов А.С.* Влияние нивально-гляциальных условий на рекреационное освоение высокогорья. Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. М.: МГУ 2004. 19 с.
4. Лавиноопасные районы Советского Союза. М.: Изд-во МГУ, 1970. 199 с.
5. Методические указания по применению системы принудительного спуска лавин газовой пушкой GAZEX: Руководящий документ РД 52.37.659-2004. М.: изд. Росгидромета, 2004. 28 с.
6. Отчет по изысканиям Краснополянского горнолыжного комплекса: Науч.-техн. отчёт. М.: изд. географич. ф-та МГУ, 1969.
7. *Отуотер М.* Охотники за лавинами. М.: Мир, 1980. 252 с.

Summary

GAZEX system is used in Russia from 2002 to release artificial avalanches. The experience of realization of this system in the Krasnaya Polyana region (the place of Olympic Winter Games of 2014) is described in the article in comparison with application of nowadays and earlier systems.