

УДК 551.578.48

Докт. геогр. наук

Канд. тех. наук

В.П. Благовещенский<sup>1</sup>В.В. Жданов<sup>1</sup>

## ОПЫТ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗА ЛАВИННОЙ ОПАСНОСТИ В ШВЕЙЦАРИИ

**Ключевые слова:** наблюдения, прогноз, снежные лавины, снежный покров

*В статье приведен краткий обзор современных методов оценки и прогноза лавинной опасности. Так же обсуждается вопрос о различии казахстанских и зарубежных научных подходов. Информация предназначена для сотрудников снеголавинных служб стран СНГ. Многие перспективные разработки могут быть применены в практической работе.*

**Введение.** В январе 2019 г. в городе Алматы проходил семинар тренинг снеголавинных служб стран Центральной Азии. Тема тренинга – оценка, прогноз и защита от снежных лавин. Обучающие лекции проводил эксперт Швейцарского института исследования снега и лавин (Institut für Schnee - und Lawinenforschung (SLF)) Марк Шайер. На тренинге были представлены презентации мировых достижений в области изучения снежного покрова и лавин. Так же проводились полевые выезды по определению устойчивости снежного покрова в горах.

В настоящее время существует нехватка учебных и научно-популярных материалов по теме: снежный покров и лавины. В международных научных базах данных существует большое количество материалов, но из-за ограниченного доступа и не владения английским научным языком, эта информация неизвестна русскоязычным специалистам. В данной статье приводится информация о деятельности снеголавинной службы в институте снега и лавин (SLF) в Швейцарии. Обсуждается отличие швейцарских методов изучения лавин от принятых в странах СНГ. Так же обсуждается

---

<sup>1</sup> Институт географии, г. Алматы, Казахстан

вопрос о применении некоторых научных методов в практической работе казахстанских специалистов.

***История исследований снежных лавин в Швейцарии.*** В альпийских странах Европы люди с древних времен сталкивались с лавинами. От них страдали местные горные жители и армии завоевателей. Поэтому Швейцария считается мировым лидером в области борьбы с лавинами. Еще в средние века в альпийских горных районах было известно о защитных свойствах лесов, и существовал строгий запрет на их вырубку. В стране гибнет в среднем 20 человек в год. Самый трагический был 1951 г., когда погибло более 100 человек [5, 6].

В Швейцарии более 50 % территории занимают горы, где проживает более 20 % населения. Страна относится к районам с умеренным морским климатом. Здесь не бывает сильных морозов и выпадает большое количество осадков. В горах выпадает до 3000 мм осадков в год и до 5 м снега.

В городе Давос в 1942 г. был организован Институт изучения снежного покрова и лавин (SLF). За годы работы ими накоплен огромный опыт в этой области. В настоящее время в институте SLF работают 145 специалистов – метеорологов, гляциологов, проектировщиков, программистов. Институт занимается различными направлениями: метеорологические и снегомерные наблюдения, картирование лавинной опасности, прогнозирование схода лавин, строительство защитных сооружений и моделирование движения лавин (рис. 1).

Все научно-популярные и учебные материалы регулярно выкладываются на сайте института SLF [www.slf.ch](http://www.slf.ch). Информация публикуется на основных европейских языках – английском, немецком, французском и итальянском. Это ежедневный прогноз лавинной опасности в горах, обучающие лекции и программы моделирования свойств снега и лавин.

***Мониторинг снежного покрова и лавин.*** Организация системы наблюдения и прогнозирования снежных лавин в Швейцарии сильно отличается от служб в странах СНГ. В институте SLF имеется группа прогнозирования лавин, состоящая из 7 специалистов. Ежедневно поступает информация с обширной сети наблюдений [7, 11, 15, 16].



*Рис. 1. Историческое и современное здание института SLF.*

Вся территория Швейцарии разделена на 9 доменов, 19 секторов, и 138 опасных регионов. Наблюдения проводятся на сети, состоящей из 70 наблюдательных станций, 33 стационарных шурфов и 90 автоматических погодных станций (рис. 2). Информация поступает два раза в сутки в 8 и 15 ч, она привязана ко времени составления прогноза.

Наблюдательная сеть принадлежит различным организациям: Швейцарская метеорологическая служба, непосредственно пункты наблюдений SLF и большое количество наблюдателей волонтеров; горные гиды и лыжные патрульные, которые работают на многочисленных горнолыжных и туристических базах. В обмен на информацию они регулярно получают качественный прогноз снежных лавин.

Для сравнения в Казахстане регулярные снеголавинные наблюдения проводятся на 2-х снеголавинных станциях и 2-х снеголавинных постах РГП «Казгидромет» в окрестностях г. Алматы. В 70-80 годы XX века действовало 9 снеголавинных станций. Дополнительная информация поступает со снегомерных маршрутов Казгидромета и Казселезащиты. Очевидно, что для составления качественных лавинных прогнозов этого недостаточно. Вопрос о развитии сети снеголавинных наблюдений стоит очень остро, поскольку требует огромного финансирования.

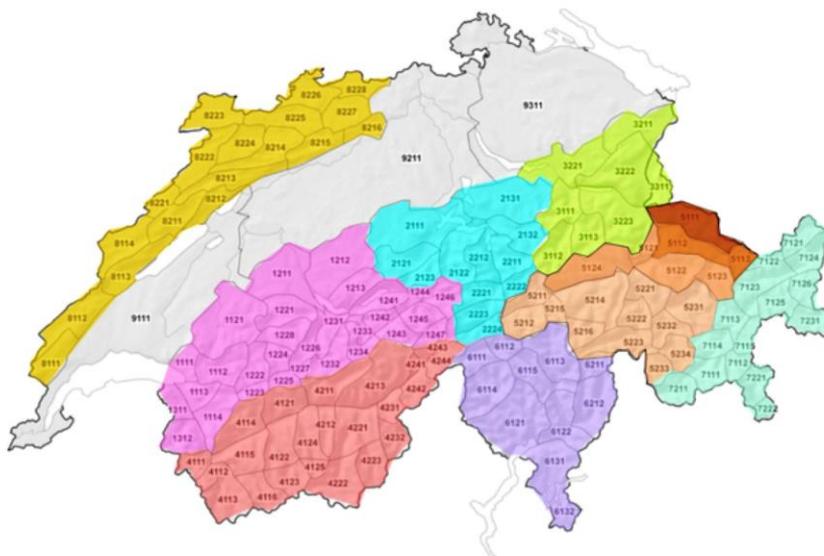
Возможно, ли расширить сеть наблюдений за счет волонтеров, как в Швейцарии? Да возможно! Но для этого волонтеров нужно заинтересовать договорами об взаимных услугах и обмене метеоинформацией. Кроме

того, необходимо использовать стандартные методы наблюдения, подобные международной системе проведения снежных тестов на устойчивость. Решение этого вопроса позволит значительно расширить наблюдательную сеть.

### ***Наблюдения за снежным профилем и стабильностью снега.***

Очень большое внимание уделяется определению характеристик снежного покрова. Шурфование проводится регулярно в течение всего лавиноопасного сезона. Существуют два вида шурфов – исследовательские и тестовые. Исследовательское шурфование проводится только для научных целей. Предпочтение отдается большому количеству тестовых шурфов. Ручные методы определения стабильности снега проводятся наблюдателями волонтерами. Заинтересованные в качественном прогнозе организации участвуют в волонтерском обмене информацией [3, 9, 10, 12, 13].

### **Мониторинг снежных лавин в Швейцарии**



*Рис. 2. Разделение территории Швейцарии на опасные регионы для прогноза, где имеется служба наблюдения, и составляются лавинные прогнозы.*

В большинстве стран Европы и Америки пришли к выводу, что лучше использовать для прогноза множество данных ручных измерений от волонтеров наблюдателей, чем редкие данные исследовательских шурфов.

Инструментальные методы измерения прочности снега, подобные стандарту СССР, обладают большой погрешностью. Кроме того тяжело обучать этим методам наблюдателей.

Проводить БЛОК-ТЕСТЫ обучаются все горные спасатели и гиды. Лавинный курс состоит из трех этапов – базовый, расширенный, продвинутый. Образец полевой книжки приведен на рис. 3.

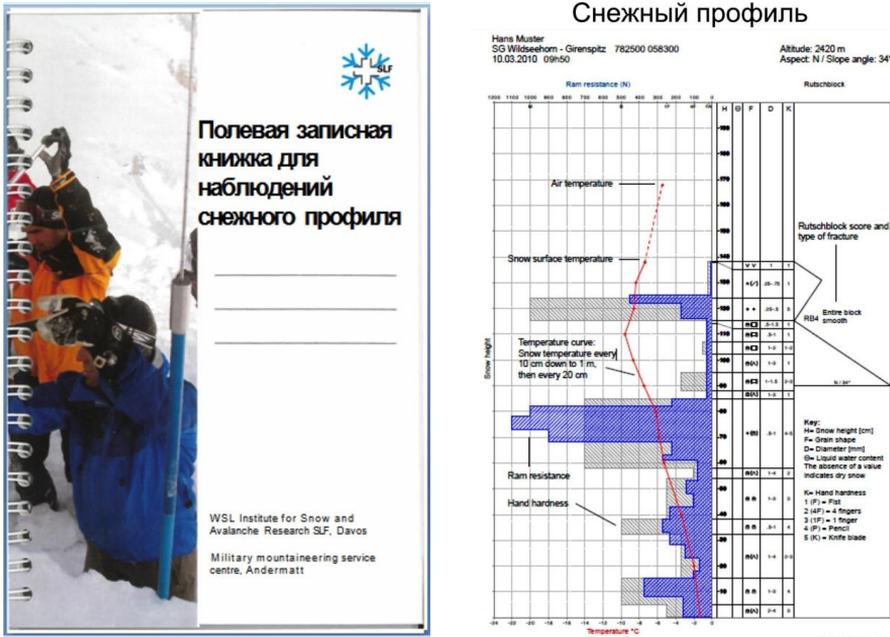


Рис. 3. Образец полевой книжки, переведенный на русский язык, и пример оформления наблюдений снежного профиля.

Более подробно о методах проведения БЛОК-ТЕСТОВ рассказано в серии статей [1, 2]. Каждый специалист горнолыжных и туристических баз обязан пройти этот лавинный курс для повышения квалификации. Скидки за проведение лавинных курсов так же помогают привлекать волонтеров наблюдателей.

В Казахстане на сети снеголавинных станций проводятся наблюдения, описанные в руководстве по снеголавинным работам. Это стандартные метеорологические наблюдения (температура, ветер, осадки) и специальные наблюдения за снежным покровом и лавинами. Определение прочности и устойчивости снега проводится инструментальными методами – рамками на сдвиг и разрыв. Основной параметр стабильности снега на склоне

это коэффициент устойчивости  $K$ . Он равен отношению сцепления снежного пласта к водности вышележащего слоя. Если водность слоя превышает силы сцепления, то снежный пласт находится в неустойчивом состоянии. Ручные методы измерения (БЛОК-ТЕСТЫ) пока еще не применяются в снеголавинных службах Казахстана и СНГ. Но они уже применяются в лавинных и спасательных службах на многих горнолыжных курортах.

На наш взгляд внедрение ручных БЛОК-ТЕСТОВ может дать хорошую информацию при проведении полевых обследований снега и лавин и снегомерных съемок в горах. Рядовых наблюдателей снегомерных маршрутов Казгидромета и Казселезащиты легче и быстрее научить методике Американской и Швейцарской лавинных ассоциаций, чем инструментальным методам из руководств СССР.

**Прогноз лавин и снеголавинный бюллетень SLF.** Вся оперативная информация стекается в прогностическую группу SLF в Давосе. Группа лавинных экспертов ежедневно оценивает текущую снеголавинную обстановку и составляет прогноз. Для прогноза учитывается информация о снежных профилях от волонтеров наблюдателей и метеоданные от Швейцарской метеослужбы [7, 16].

При прогнозах широко используется моделирование входящих параметров – погода и устойчивость снега на склоне.

Ежедневно 2 раза в сутки в период потенциальной лавинной опасности в 9.00 и в 16.00 ч местного времени составляется прогностический бюллетень. Он регулярно вывешивается в свободном доступе на сайте института. Информация пользуется огромной популярностью у туристов: в год более 10 млн. посетителей и более 100 тыс. скачиваний. В выпуске бюллетеня и ведении страниц сайта принимают участие 7 чел. из прогностической группы и 10 IT специалистов. Образец бюллетеня приведен на рис. 4.

Составляется общий прогноз для отдаленных горных районов. Он предназначен для туристов и лыжников. Так же составляется специализированный прогноз для спасательных служб. Местные спасательные службы могут пользоваться общим прогнозом по стране. Если они не согласны, то могут привлекать своих лавинных экспертов.

Существуют два канала передачи оперативной информации – туристический и профессиональный. В случае необходимости (резкое изменение погоды) бюллетень обновляется. Информация для всех совершенно бесплатная. Профессиональный канал передачи данных предназначен для оперативных и спасательных служб.

За последние несколько лет снеголавинная служба РГП «Казгидромет» пережила несколько реорганизаций. В настоящее время снеголавинные прогнозы составляются только на 2 снеголавинных станциях «Шымбулак» и «озеро Улкен Алматы». Информация регулярно передается заказчикам. По остальным регионам РК составляется только справка о состоянии снежного покрова в горах. При прогнозировании лавин используются статистические методы прогноза, разработанные рядом авторов в 80-е годы XX века. Для совершенствования методов прогнозирования, необходимо внедрение численных расчетных методов.

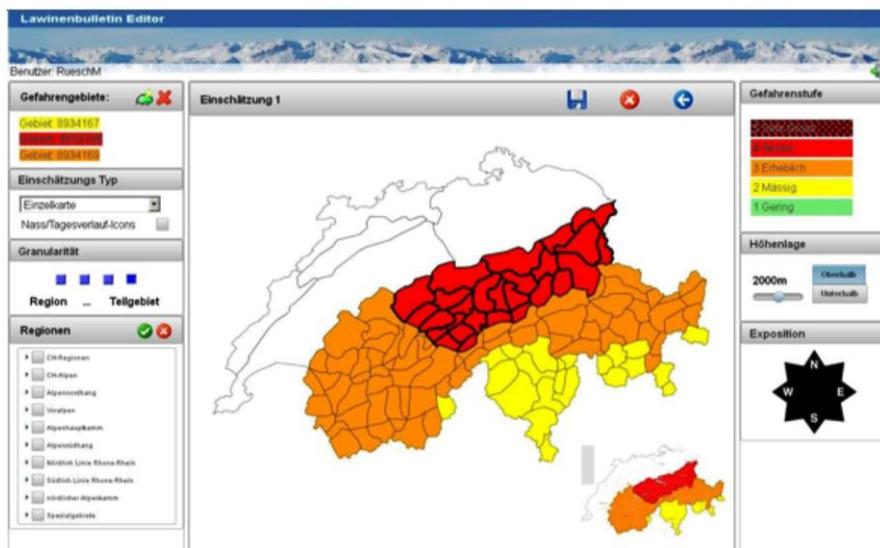


Рис. 4. Образец снеголавинного бюллетеня на сайте института SLF.

#### **Математическое моделирование снеголавинной обстановки.**

Для составления снеголавинных прогнозов широко используются различные математические модели. Это позволяет рассчитать входящие параметры для прогноза: устойчивость снежного покрова на склонах, выпадение сильных лавиноопасных осадков, сильные оттепели или метели. Основываясь на моделированных параметрах будущей погоды лавинному эксперту легче принять решение об ожидаемой лавиноопасной обстановке [6, 7, 14].

Собственным продуктом института SLF является программа моделирования стабильности снежного покрова на склонах – SNOWPACK. Программа позволяет прогнозировать будущее развитие снежной толщи – тем-

пературу, плотность, влажность (рис. 5). В программу закладываются реальные и прогностические данные ближайших метеорологических станций. Результат моделирования помогает эксперту-лавищику оценивать степень лавинной опасности.

Программа SNOWPACK распространяется бесплатно. Ее можно скачать с сайта SLF.

В казахстанской снеголавинной службе пока еще математическое моделирование состояния снежного покрова не применяется. Внедрение математических моделей и электронных баз данных это большое направление в развитии службы. Оно требует времени и научного обоснования.

## SNOWPACK MODELLING

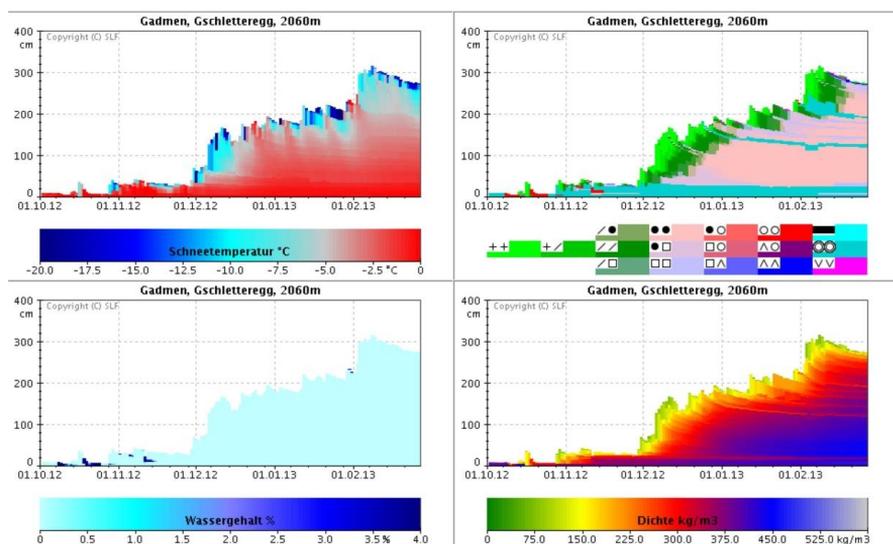


Рис. 5. Результаты моделирования характеристик снежного покрова в программе SNOWPACK.

**Оценка качества прогностических моделей.** Качество работы математических моделей и прогнозов лавин в прогностическом центре SLF определяется несколькими методами. Прежде всего, проверяется адекватность численной модели на статистической выборке. Для этого используются всем известные критерии согласия: Стьюдента, Фишера, Колмогорова-Смирнова. В процессе работы прогностических центров проводятся социологические опросы потребителей снеголавинных прогнозов: лыжников, туристов, горных гидов. На сайте есть форум-обсуждение. Результаты

анкетирования потенциальных заказчиков очень важно для улучшения работы математической модели прогноза. В Европейских капиталистических странах нет необходимости в утвержденном нормативном документе.

Для специалистов в гидрометслужбе СНГ подобная практика не знакома. В Казахстане, как и в других странах СНГ, применяются критерии оправдываемости прогнозов Багрова-Обухова. Эта методика разработана и утверждена с учетом плановой социалистической экономики. Хотя экономическая система изменилась, но руководящие документы и критерии качества остались.

По нашему мнению внедрение современных методов оценки прогноза (соцопрос, популярность сайта) могут оценить качество работы прогнозиста намного лучше, чем утвержденный критерий.

**Вероятностный прогноз и уменьшение лавинного риска.** Организация системы предупреждения чрезвычайных ситуаций природного характера и спасательных служб очень сильно отличается от подобных организаций бывшего СССР [1, 4, 5, 7].

В Европе и Америке любой прогноз природных опасностей составляется только в вероятностной форме. Поскольку опасное явление зависит от множества неизученных факторов, то невозможно предсказать точное время и место катастрофы. Можно только оценить вероятность возникновения явления.

Для этого разработана международная пятибалльная шкала лавинной опасности, приведенная в табл. 1. Использование подобной шкалы регламентируется профессиональными стандартами. Четкого руководящего документа или государственного стандарта нет. Местные спасательные службы принимают решение, об экстренных мерах основываясь на вероятностном прогнозе. Если они не согласны с мнением региональных лавинных экспертов, то они вправе пригласить на работу местного лавинного эксперта. По статистике мнения региональных и местных лавинных экспертов могут отличаться в 20...25 % случаев.

Снижение риска жертв и ущерба от снежных лавин осуществляется в зависимости от степени лавинной опасности. При втором и третьем уровне опасности (желтый и оранжевый) руководители объектов в лавиноопасных зонах сами принимают решение о необходимых мерах защиты. При ожидаемом четвертом (красном) уровне опасности разрешается работать курортам и туристическим базам, если у них есть своя противолавинная

служба. Государственные спасательные службы могут запрещать работу опасных объектов только при высшем пятом уровне опасности (красно-черном). Это чрезвычайная ситуация, которая отмечается только в экстремально многоснежные годы.

Таблица 1.

Международная шкала лавинной опасности на русском языке

Цвет	Уровень лавинной опасности	Устойчивость снежного покрова	Вероятность схода лавин
	1 уровень «Низкий»	Снежный покров горных склонах стабилен.	Самопроизвольные и спровоцированные лавины маловероятны.
	2 уровень «Умеренный»	Снежный покров на крутых склонах закреплен умеренно, на остальных склонах хорошо.	Самопроизвольные лавины маловероятны. Спровоцированные возможны при большой нагрузке.
	3 уровень «Значительный»	Снежный покров закреплен на крутых склонах либо умеренно, либо слабо.	Спровоцированные лавины возможны при небольшой нагрузке. Самопроизвольные лавины возможны на отдельных склонах.
	4 уровень «Высокий»	Снежный покров слабо закреплен на большинстве склонов.	Самопроизвольные и спровоцированные лавины весьма вероятны.
	5 уровень «Экстремальный»	Снежный покров нестабилен.	Многочисленные самопроизвольные и спровоцированные лавины неизбежны.

В Казахстане снеголавинная прогностическая служба является частью государственной системы предупреждения ЧС. На основе этих данных составляется «Штормовое предупреждение». Оно является юридическим основанием для объявления чрезвычайной ситуации и привлечения государственных спасательных служб. Все нормативные документы разрешают использовать только категорическую форму прогноза опасного явления.

Вероятностные формы прогнозов у нас в стране пока еще не востребованы. Должностные лица, ответственные за принятие решения, привыкли получать категорический прогноз. Для внедрения вероятностных форм прогноза необходимо вносить изменения в договора о взаимодействии прогностических

и спасательных служб. Так же необходима должностная инструкция по методам снижения природных рисков с учетом вероятностного прогноза.

**Выводы:** Ознакомление с современными научными знаниями в области изучения снежных лавин необходимо для повышения квалификации любого специалиста. Ниже перечислены несколько направлений, которые необходимы для совершенствования методов наблюдений и прогнозирования лавин:

1. Расширение сети снеголавинных наблюдений. Возможно за счет волонтеров, заинтересованных в обмене метеорологической информацией.
2. Применение БЛОК-ТЕСТОВ для определения стабильности снега. Особенно при полевых снегомерных съемках и обследованиях снежных лавин.
3. Применение математических моделей для расчета параметров снежного покрова и погоды.
4. Переход на вероятностные формы прогноза. Для этого, прежде всего, нужны изменения в системе прогноза и оповещения о природных рисках.
5. Для оценки качества прогнозов применение соцопросов и анализ популярности прогностического интернет сайта.

**Благодарности:** Обучающий семинар тренинг организован проектами развития национальных гидрометеорологических служб при поддержке всемирного банка. Полевые выезды организованы при поддержке ГУ «Казселезащита».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жданов В.В. Возможность применения международной шкалы лавинной опасности в оперативной работе снеголавинной службы Казахстана // Вопросы географии и геоэкологии. – 2014. – № 2. – С.33-37.
2. Жданов В.В. О различных методах определения устойчивости снежного покрова // Вопросы географии и геоэкологии. – 2018. – № 2. – С. 86-91.
3. Международная шкала лавинной опасности [Электрон. ресурс]. URL:<https://www.slf.ch/de/lawinenbulletin-und-schneesituation/wissen-zum-lawinenbulletin/gefahrenstufen.html> (Дата обращения 01.02.2019 г.).
4. Рекомендации по предоставлению данных о неопределенности прогнозов / Бюллетень Всемирной метеорологической организации [Электрон. ресурс]. URL:[https://meteoinfo.ru/PWS-18\\_WMO/TD\\_No.1422](https://meteoinfo.ru/PWS-18_WMO/TD_No.1422) (Дата обращения 01.02.2019 г.).
5. Сайт Швейцарского федерального института изучения снега и лавин [Электрон. ресурс]. URL:<https://www.slf.ch> (Дата обращения 01.02.2019 г.).

6. Фляйг В. Внимание, Лавины! – М.: Изд-во иностранной литературы, 1960. –223 с.
7. Avalanche Bulletin Interpretation Guide WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF. 16th revised edition. WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF. 50 pages. [Электрон. ресурс]. URL:[https://www.slf.ch/schneeinfo/zusatzinfos/interpretationshilfe/index\\_EN](https://www.slf.ch/schneeinfo/zusatzinfos/interpretationshilfe/index_EN) (Дата обращения 01.02.2019 г.).
8. European Avalanche Danger Scale (link) [Электрон. ресурс]. URL:[https://www.avalanches.org/eaws/en/main\\_layer.php?layer=basics&id=2](https://www.avalanches.org/eaws/en/main_layer.php?layer=basics&id=2) (Дата обращения 01.02.2019 г.).
9. Observation Guidelines and Recording Standards for Weather, Snowpack and Avalanches. – Canadian Avalanche Association, 2014. –109 p.
10. Jamieson J.B. and Schweizer J. Using a checklist to assess manual snow profiles // Avalanche News, 72. – 2005. – P. 57-61.
11. Stucki T / SLF-Beobachterhandbuch. – 2016. – 60 p.
12. Schweizer J. The Rutschblock test - Procedure and application in Switzerland / The Avalanche Review, 2002. – V. 20, – P. 14-15.
13. Schweizer J., and Jamieson J. B. Snowpack tests for assessing snow-slope instability // Ann. Glaciol., 2010. – V. 51. – P. 187-194.
14. Schweizer J., Kronholm K., Wiesinger T. Verification of regional snowpack stability and avalanche danger // Cold Regions Science and Technology, 2003. – V. 37(3). – P. 277-288.
15. Winkler K., Kuhn T. Fully automatic multi-language translation with a catalogue of phrases – successful employment for the Swiss avalanche bulletin. Lang. Resour. Eval. Online first, 2015. – 23 p. [Электрон. ресурс]. URL:<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1509/1509.06937.pdf> (Дата обращения 01.02.2019 г.).
16. Winkler K., Techel F. Users' Rating of the Swiss Avalanche Forecast / In: Proceedings ISSW, Banff, Alberta, Canada, 2014. [Электрон. ресурс] URL:[https://www.slf.ch/info/mitarbeitende/techel/download/winkler\\_techel\\_2014.pdf](https://www.slf.ch/info/mitarbeitende/techel/download/winkler_techel_2014.pdf) (Дата обращения 01.02.2019 г.).

Поступила 9.04.2019

Геогр. ғылымд. докторы  
Техн. ғылымд. канд.

Благовещенский В.П.  
Жданов В.В.

## **ТӘЖІРИБЕСІ БАҚЫЛАУ ЖӘНЕ БОЛЖАУ КӨШКІН ҚАУПІ ШВЕЙЦАРИЯ**

**Түйін сөздер:** бақылау, болжам, қар көшкіні, қар жамылғысы

*Бабында келтірілген қысқаша шолу қазіргі заманғы әдістерін бақылау және болжау көшкін қаупі. Сол туралы мәселе талқыланып жатыр әртүрлілігі Қазақстандық және шетелдік ғылыми тәсілдер. Ақпарат үшін арналған қызметкерлері қар көшкіні қызметтерінің ТМД елдері. Көптеген перспективалық әзірлеу қолданылуы мүмкін практикалық жұмыс.*

Blagovechshenskiy V.P., Zhdanov V.V.

## **EXPERIENCE OF EVALUATION AND FORECAST OF AVALANCHE DANGER IN SWITZERLAND**

**Keywords:** observations, forecast, snow avalanches, snow cover

*The article provides a brief overview of modern methods for assessing and predicting avalanche danger. The issue of the difference between Kazakhstan and foreign scientific approaches is also discussed. Information is intended for employees of the snow avalanche services of the CIS. Many promising developments can be applied in practical work.*