УДК 551.324.435+551.578.482
DOI: 10.34753/HS.2022.4.3.267

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СНЕГОЛАВИННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В РАЙОНАХ ПЕРЕВАЛА КАМЧИК И УРОЧИЩА ЧИМГАН (ЗАПАДНЫЙ ТЯНЬ-ШАНЬ)

Э.Р. Семакова[1], В.П. Сафронов[2], А.С. Попов[2]
[1]Астрономический институт имени Улугбека Академии наук Узбекистана, г. Ташкент, Республика Узбекистан; [2]Центр гидрометеорологической службы Республики Узбекистан, г. Ташкент, Республика Узбекистан
ella9sem@gmail.com

Аннотация. Информация об изменении снеголавинной активности в связи с происходящими климатическими изменениями и оценке лавинного режима на перспективу необходима для обоснованной надежной защиты в лавиноопасных зонах, особенно в районах с развитой хозяйственной и рекреационной деятельностью. Для двух районов, расположенных в отрогах Чаткальского и Кураминского хребтов (Западный Тянь-Шань), рассмотрено изменение таких важных показателей снеголавинного режима, как максимальная высота снега на метеорологической площадке за зимний период, число дней со снежным покровом, количество лавин за год, продолжительность лавиноопасного периода, число лавиноопасных периодов, максимальный и суммарный объем лавин. Сравнение динамики этих показателей с показателями среднемесячной температуры воздуха и суммой осадков проводилось как за весь период наблюдений, так и за отдельные периоды. Выявлены периоды разнонаправленных изменений некоторых показателей и проведена оценка текущих изменений по сравнению с 30-летней климатической нормой всемирной метеорологической организацией за период с 1981 по 2010 год. Уточнены выявленные ранее

LONG-TERM CHANGES IN SNOW AVALANCHE CHARACTERISTICS IN THE REGIONS OF THE KAMCHIK PASS AND THE CHIMGAN VALLEY (WESTERN TIAN SHAN)

Eleonora R. Semakova[1], Victor P. Safronov[2], Albert S. Popov[2]
[1]Ulugh beg Astronomical Institute of the Uzbekistan Academy of Sciences, Tashkent, Uzbekistan; [2]Center of Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan
ella9sem@gmail.com

Abstract. Information about changes in snow avalanche activity due to ongoing climate change is necessary for reasonable reliable protection in mountain regions especially in areas with developed economic and recreational activities. The changes in the maximum snow depth at the meteorological site during the winter period, the number of days with snow cover, the number of avalanches per year, the duration of the avalanche period, the number of avalanche periods, the maximum and total volume of avalanches were considered for two regions located in the spurs of the Chatkal and the Kuraminsky Ridges, the Western Tien-Shan. The dynamics of these characteristics was compared with the indicators of the average monthly air temperature and the precipitation sum for the entire observation period since 1980-s and for some individual periods in which multidirectional changes in some indicators were identified. An assessment of current changes was compared to the 30-year WMO climate normal for 1981–2010. The previously identified indicative climate characteristics which determine the regime of snow accumulation and avalanching in these areas were refined. The most important indicators to assess the maximum values of avalanche characteristics are the average air temperature in January and the temperature and precipitation sums from November to March / April. Changes in meteorological conditions in April play an important role in

Семакова Э.Р., Сафронов В.П., Попов А.С. Многолетние изменения снеголавинных показателей в районах перевала Камчик и урочища Чимган (Западный Тянь-Шань) // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2022. Т. 4. Вып. 3. С. 267–275. DOI: 10.34753/HS.2022.4.3.267.

индикационные показатели климата, определяющие режим снегонакопления и лавин в данных районах. Для оценки максимальных величин снеголавинных характеристик наиболее важными являются среднемесячная температура воздуха в январе и сумма температур и осадков с ноября по март-апрель. В оценке изменений продолжительности лавиноопасного периода большую роль играют изменения метеорологических условий в апреле. Полученные зависимости могут служить основой для расчета снеголавинных показателей на перспективу с учетом возможных сценариев изменения климата. Предложен подход к картографированию максимальной высоты снега в различных климатических условиях. В качестве примера, приведена оценка изменения снеголавинных показателей в районах исследования при повышении суммы температур воздуха с ноября по март на 1°С и увеличении суммы осадков с ноября по март на 10%.

Ключевые слова: снеголавинный режим; изменение климата; лавинно-индикационные показатели; лавинная опасность; Западный Тянь-Шань; карты высоты снега; Узбекистан.

assessing changes in the duration of the avalanche period. The resulting dependences can serve as a basis for estimating avalanche indicators for the future taking into account possible climate change scenarios.

Keywords: snow avalanche regime; climate change; indicative climate characteristics; avalanche hazard; Western Tian Shan; snow cover depth maps; Uzbekistan.

Введение

Горные районы территории Республики Узбекистан имеют большое значение для народного хозяйства республики. Это обусловлено освоением горных и предгорных районов в настоящее время, развитием сети автомобильных и транспортных магистралей, спортивно-оздоровительных комплексов в горах и так далее. Таким образом, в зоне действия снежных лавин может оказаться большое количество людей и материально-технических средств. В исследованиях о снеголавинной деятельности наибольший практический интерес имеет изучение причин образования лавин, их повторяемости и территориального распространения. Основоположниками узбекского лавиноведения являлись К.Б. Билялов, В.Д. Губарева, А.И. Королев, Ю.Д. Москалев, Г.Г. Харитонов, Н.П. Чертанов, С.П. Чертанов, Л.И. Языков, Г.Н. Старыгин и другие. Большая заслуга в организации и развитии снеголавинных исследований Республики Узбекистан принадлежала доктору географических наук Л.А. Канаеву. За период с 1952 по 2000 год в Республике Узбекистан действовало 7 стационарных снеголавинных станций (далее – СЛС), 4 филиала от СЛС и 7 участков детальных снеголавинных наблюдений (полигонов), где решались различные научно-исследовательские задачи. Из них в настоящее время действуют 2 СЛС Центра гидрометеорологической службы Республики Узбекистан (Узгидромета), одна из которых обслуживает безопасность рекреационной зоны и трассы горнолыжного катания (СЛС Чимган, 1 640 м), а другая – безопасность автодороги Ташкент – Ош в районе перевала Камчик (СЛС Камчик, 2 145 м).

Целью исследования являлась оценка многолетних изменений снеголавинных

Semakova E.R., Safronov V.P., Popov A.S. Long-term changes in snow avalanche characteristics in the regions of the Kamchik Pass and the Chimgan Valley (Western Tian Shan). *Hydrosphere. Hazard processes and phenomena*, 2022, vol. 4, iss. 3, pp. 267–275. (In Russian; abstract in English). DOI: 10.34753/HS.2022.4.3.267.

показателей в этих районах и выявление индикационных показателей климата, характеризующих снеголавинный режим в районах, необходимых для его оценки на перспективу с учетом выбранных сценариев изменения климата.

Районы исследования относятся к лавиноопасным зонам Республики Узбекистан с высокой степенью лавиной опасности. В отдельные годы в этих районах сходит более 150 лавин различного объема.

Непрерывные наблюдения за лавинной активностью и снежно-метеорологическими условиями их схода проводятся на этих станциях с 1980-х годов. Однако первые наблюдения за лавинами на перевале Камчик осуществлялись еще в 1965 году. В настоящее время в целях защиты от лавин здесь предусмотрены: лавинное прогнозирование, предупредительный спуск лавин и различные инженерные сооружения. Выпадение осадков часто сопровождается сильными ветрами, которые способствуют увеличению высоты снежного покрова на подветренных склонах до 4–5 м. В связи с вводом в эксплуатацию ряда снегоудерживающих сооружений в последние десятилетия, наибольшее количество лавин в настоящее время характеризуются объемом до 5 000 м^3. Численное моделирование движения лавин в лавиносборах с противолавинными дамбами, галереей, лавинорезами с использованием программного обеспечения RAMMS [Christen et al., 2012] позволило обосновать эффективность данных сооружений [Semakova, Bühler, 2017].

В рекреационной зоне Чимган оборудованы горнолыжные трассы международного класса, работают канатно-кресельная и канатно-бугельная дороги, открыты санные трассы, до недавнего времени работал большой туристический комплекс. Лавины здесь сходят ежегодно, в отдельные годы неоднократно в одном лавиносборе. В настоящее время чаще стали сходить весенние и адвекционные лавины. Ранее лавины были, в основном, свежевыпавшего снега. Из защитных мер применяется лавинное прогнозирование. Верхние высотные зоны формирования лавин простираются до 3 310 м.

Исходными данными служили технические отчеты СЛС, в которых отражена метеорологическая и снеголавинная информация за каждую зиму, включая средние за месяц значения температур воздуха и суммы месячных осадков, а также их среднемноголетние значения.

При долгосрочном прогнозе лавинной активности ряд исследователей применяют такие показатели, как сумма зимних температур воздуха и осадков, средняя годовая температура воздуха, средняя температура воздуха в январе [Кошоев, 1986; Околов, Мягков, 1987; Кондрашов, 1991; Трошкина, 1992; География лавин, 1992]. Большое внимание в работах уделяется характеристикам снежности (максимальная высота снега, число дней с устойчивым снежным покровом, прирост снега) [Какурина, Семакова, 2004]. К примеру, к лавинно-индикационным показателям Приэльбрусья относят снежность зим, месячный коэффициент аномалии осадков, сведения о температуре воздуха [Олейников, Володичева, 2019].

В настоящей работе использовались следующие показатели, характеризующие снеголавинный режим районов исследования: максимальная за зимний период высота снега на метеоплощадке, число дней со снежным покровом на метеоплощадке, количество лавин за год в районе обслуживания СЛС, продолжительность лавиноопасного периода, число лавиноопасных периодов за сезон, максимальный и суммарный объем лавин за зимний период.

Методика работы заключалась в совместном анализе трендов этих характеристик и показателей климата за зимний период. Для выявления индикационных показателей климата, которые бы максимально влияли на режим снегонакопления и лавинопроявления в районах исследования, использовался корреляционный и линейный регрессионный анализ. Если связь снеголавинного параметра оказывалась одинаковой с несколькими показателями температуры воздуха или осадков, то выбирался тот, прогностическая значимость которого в уравнении регрессии была выше. Для каждого

значения F-критерия вычислен соответствующий уровень значимости P; за допустимую вероятность ошибки принято значение 0,05 [Рождественский, Чеботарев, 1974]. Выявленные индикационные показатели климата использовались в прогностических целях, к примеру, для расчета характеристик снеголавинного режима при развитии сценария увеличения суммы среднемесячных температур воздуха и осадков с ноября по март на 1°С и 10% соответственно.

При картографировании максимальной высоты снега в новых климатических условиях, как основного фактора лавинообразования, использовался метод расчета толщины снега на заданный момент времени [Какурина, Перцигер, Яковлев, 2001; Семакова, Карандаев, Тарасов, 2010]. С использованием зависимостей высоты снега, измеренной по дистанционным снегомерным рейкам в лавиносборах, от высоты снега на метеоплощадке, а также от характеристик рельефа, максимально влияющих на пространственное распределение снежного покрова в данных районах, была получена карта максимальной высоты снега 50%-й обеспеченности, как отражающая снегонакопление в современных условиях. В районе урочища Чимган такими характеристиками рельефа являлись абсолютная высота местности, индекс ветра, расстояние от гребня или тальвега. В районе перевала Камчик с его ветрами и перераспределением снега наиболее важными характеристиками рельефа являлись кривизна рельефа, индекс влияния ветра, характеризующий расположение склонов относительно направления ветра, и удаленность от гребней. При расчетах использовалась цифровая модель рельефа с разрешением 10 м. Для расчета максимальной высоты снега различной обеспеченности проводилось удлинение рядов метеорологических наблюдений по данным метеостанции Ташкент, имеющей вековой период наблюдений. Были разработаны схемы расчета ежедневной высоты снега на метеоплощадке СЛС с использованием расчетов прироста и убыли высоты снега, суточной суммы твердых осадков.

Результаты и обсуждения

Анализ многолетних изменений показателей климата, снежности и лавинной активности (рисунки 1, 2) показывает, что на фоне роста сумм среднемесячных температур воздуха с ноября по март наблюдается разнонаправленная тенденция суммы осадков в этот же период и, следовательно, разное изменение снеголавинного режима в этих районах. Сказываются локальные природные особенности районов и их географическое положение.

На метеоплощадке СЛС отмечается незначительное увеличение максимальной высоты снега и незначительное сокращение числа дней со снежным покровом с неустойчивыми трендами. В целях поиска значимых трендов мы пытались выявить периоды, за которые бы происходило явное изменение этих показателей. В таблице 1 представлены коэффициенты линейного тренда максимальной высоты снега (H_{max}) и продолжительности залегания снежного покрова (n) на метеоплощадках СЛС Камчик и СЛС Чимган для разных периодов наблюдений.

За 32-летний период с 1990 по 2021 год отмечается уменьшение высоты снега, в то время как за 42-летний период с 1980 по 2021 год выявлена тенденция повышения этой величины для обеих СЛС. Более устойчивое повышение максимальной высоты снега происходит за период с 1981по 2010 год, выбранный Всемирной метеорологической организацией как 30-летняя климатическая норма [Руководящие указания…, 2017]. За период с 2011 по 2021 год происходит уменьшение высоты снега по обеим СЛС, а также заметное сокращение числа дней со снегом на метеоплощадке СЛС Камчик.

Сравнение трендов показателей лавинной активности в районе перевала Камчик за периоды с 1965 по 2021 год и с 1980 по 2021 год показало тенденцию уменьшения всех рассмотренных показателей лавинной активности за оба периода. С 2005 года началось строительство новой обводной дороги и тоннеля, а также защитных инженерных сооружений вдоль дороги, что также влияет на уменьшение максимального и суммарного объемов лавин и количества лавин в этом районе.

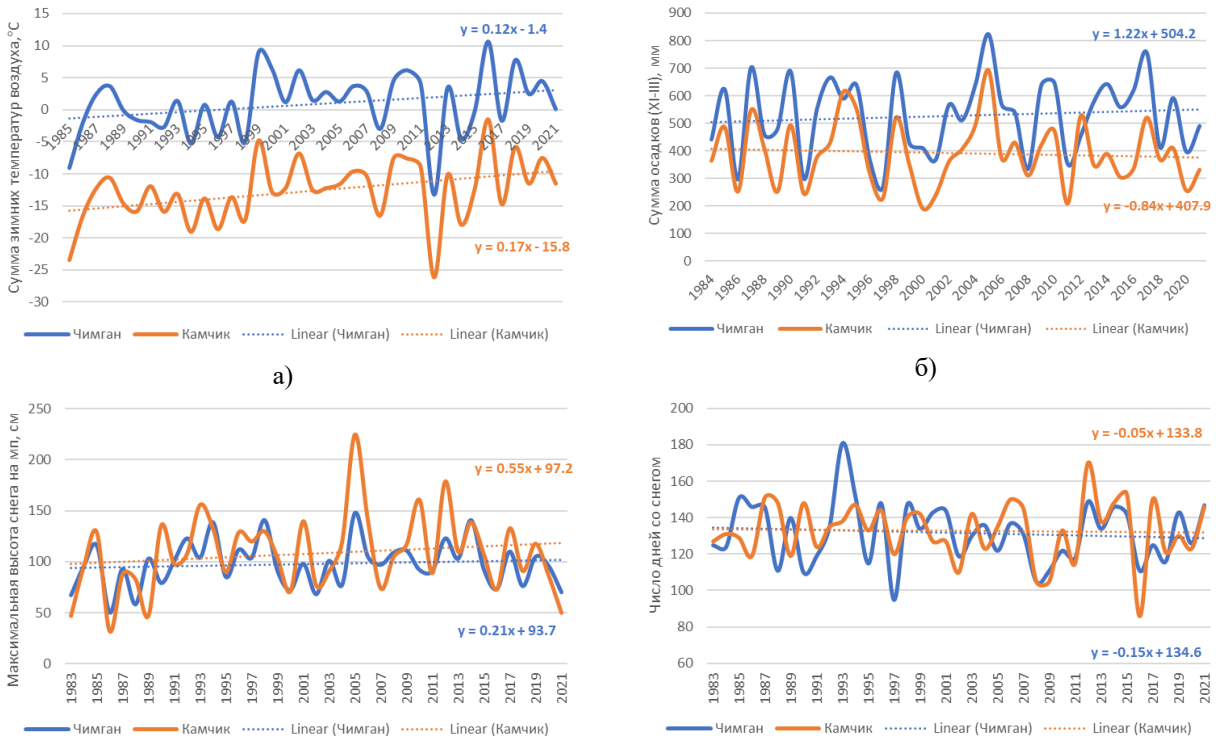

Рисунок 1. Многолетние изменения показателей климата и снежности на метеоплощадке СЛС Чимган и Камчик: а) суммы температур воздуха (ноябрь – март); б) суммы осадков (ноябрь – март); в) максимальной высоты снега; г) числа дней со снежным покровом.

Figure 1. Long-term changes in climate and snow content indicators at the meteorological site of the Chimgan station and the Kamchik station: a) temperature sum (November – March); b) precipitation sum (November – March); c) maximum snow depth; d) the number of days with snow cover.

Таблица 1. Значения коэффициентов линейного тренда максимальной высоты снега и продолжительности залегания снежного покрова на метеоплощадках СЛС Камчик и Чимган для различных периодов наблюдений.

Table 1. The linear trend coefficients of the maximum snow depth and the duration of snow cover at the meteorological sites of the Kamchik station and the Chimgan station for different observation periods.

Показатели снежности	**СЛС Чимган**	**СЛС Камчик**
1980–2021		
Максимальная высота снега (H_{max}), см	0,26	0,84
Продолжительность залегания снежного покрова (n), дни	0,10	-0,11
1985–2021		
Максимальная высота снега (H_{max}), см	0,09	0,61
Продолжительность залегания снежного покрова (n), дни	-0,23	-0,16
1990–2021		
Максимальная высота снега (H_{max}), см	-0,35	-0,32
Продолжительность залегания снежного покрова (n), дни	-0,12	-0,24
1981–2010 Климатическая норма Всемирной метеорологической организации		
Максимальная высота снега (H_{max}), см	0,72	1,99
Продолжительность залегания снежного покрова (n), дни	-0,25	-0,29
2011–2021 Текущие изменения		
Максимальная высота снега (H_{max}), см	-2,90	-3,58
Продолжительность залегания снежного покрова (n), дни	0,02	-2,14

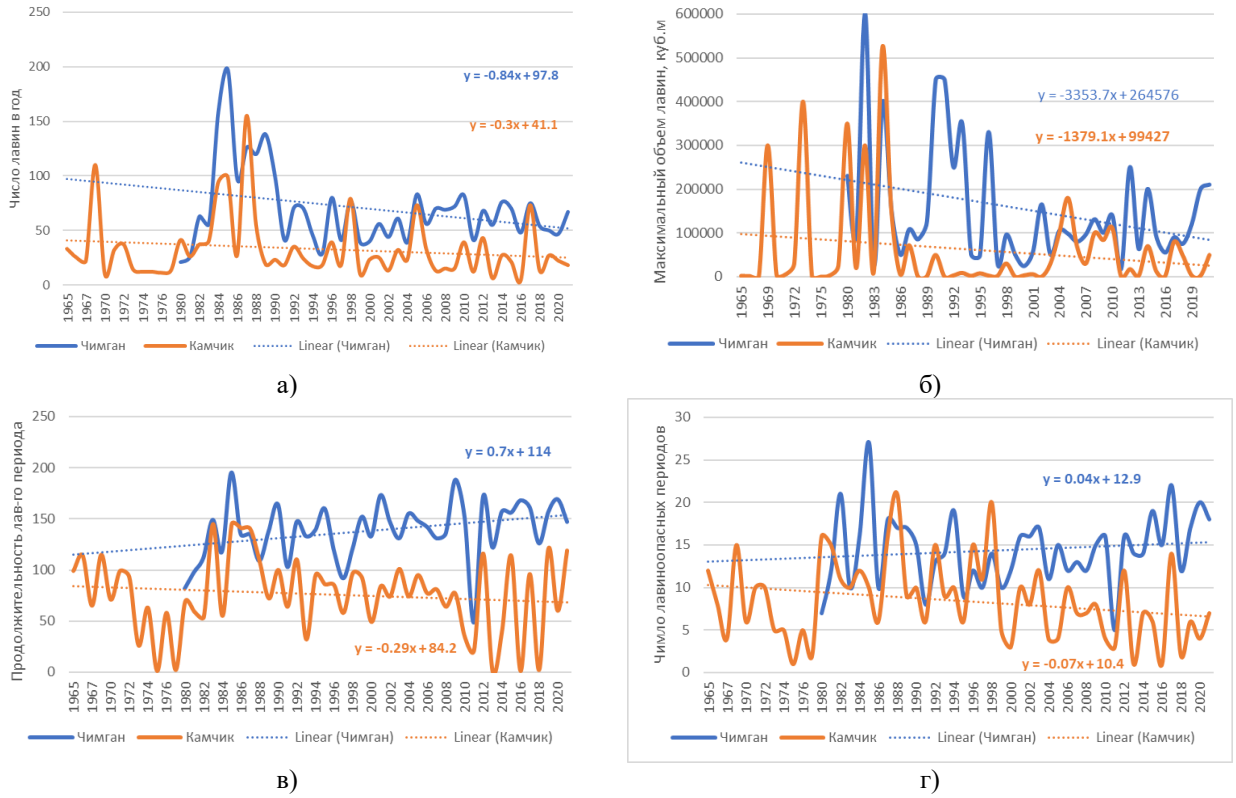

Рисунок 2. Многолетние изменения показателей лавинной активности в районах СЛС Чимган и СЛС Камчик: а) числа лавин в год; б) максимального объема лавин; в) продолжительности лавиноопасного периода; г) числа лавиноопасных периодов.

Figure 2. Long-term changes in the avalanche activity indicators in the regions of the Chimgan station and the Kamchik station: a) the number of avalanches per year; b) the maximum volume of avalanches; c) the duration of the avalanche period; d) the number of avalanche periods.

В районе урочища Чимган отмечается тенденция повышения продолжительности лавиноопасного периода и числа лавиноопасных периодов за сезон при постепенном уменьшении количества и объемов лавин за период с 1980 по 2021 год, за счет понижения температуры воздуха в апреле и увеличения суммы осадков за апрель в текущем периоде с 2011 по 2021 год.

Индикационными показателями климата по району СЛС Чимган оказались следующие: сумма среднемесячных значений температур воздуха с ноября по март-апрель, а также за ноябрь, январь, апрель; сумма осадков с ноября по март-апрель, и с января по март. Для района перевала Камчик это средняя температура воздуха января, сумма температур воздуха и осадков с ноября по март-апрель.

В случае повышения суммы температур воздуха с ноября по март на 1°С и роста осадков за этот период на 10% снеголавинные показатели в районах изменятся следующим образом:

- максимальная высота снега на метеоплощадке СЛС Чимган уменьшится на 26 см и станет равной 71 см, а на метеоплощадке СЛС Камчик – увеличится на 3 см и окажется равной 111 см;
- продолжительность залегания устойчивого снежного покрова на метеоплощадке этих СЛС продлится на 2 и 1 день и станет равным 132 и 134 дням соответственно;
- количество лавин за год в этих районах увеличится на 1 и 3 и составит 70 и 37;
- продолжительность лавиноопасного периода в зоне обслуживания СЛС Чимган возрастет на 4 дня и окажется равной 143. В районе перевала Камчик она сократится на 1 день и составит 79 дней;

- число лавиноопасных периодов за сезон не изменится в районах и останется по-прежнему равным 14 и 8;
- максимальный объем лавин в урочище Чимган сократится на 50 тыс. м^3 и станет равным порядка 100 тыс. м^3. В районе перевала Камчик он практически не изменится и составит 48 тыс. м^3;
- суммарный объем лавин в урочище Чимган сократится на 13 тыс. м^3 и окажется равным порядка 628 тыс. м^3, а на перевале Камчик – увеличится на 28 тыс. м^3 и станет равным 215 тыс. м^3.

При таких показателях снеголавинного режима становится очевидным, что карты максимальной высоты снежного покрова 50%-й обеспеченности для новых климатических условий не отражают больших изменений и нелавиноопасных участков с высотой снега до 30 см не становится больше. Таким образом, лавинная активность в этих районах сохранится еще на долгие годы, особенно в районе перевала Камчик. Заметим, что в расчетах на перспективу не учитывалась температура воздуха, выявленная для каждой СЛС, при которой происходит фазовое разделение осадков на жидкие и твердые [Глазырин, 1970]. Тем не менее предложенный метод крупномасштабного картографирования высоты снежного покрова как основного фактора лавинообразования позволит оценить изменения в данных районах при других, более достоверных сценариях изменения климата в будущем.

Заключение

В работе рассмотрено многолетнее изменение основных показателей снеголавинного режима, начиная с 1980-х годов в районах урочища Чимган и перевала Камчик (Западный Тянь-Шань) и выявлены индикационные показатели климата, влияющие на изменение этих показателей. Большая изменчивость осадков в этих районах, особенно в весенние месяцы, не позволяет проводить более надежную оценку снеголавинных показателей на перспективу при выбранном сценарии изменении климата, тем не менее предложенный подход будет являться основой дальнейших работ по долгосрочному прогнозированию лавинной активности в районах исследования.

Литература

География лавин / Под ред. С.М. Мягкова, Л.А. Канаева. М.: МГУ, 1992. 330 с.

Глазырин Г.Е. Фазовое состояние осадков в горах в зависимости от приземной температуры воздуха // Метеорология и гидрология. 1970. № 1. С. 30–34.

Какурина Е.Г., Перцигер Ф.И., Яковлев А.В. Опыт построения крупномасштабной карты высоты снежного покрова // Труды Среднеазиатского регионального научно-исследовательского гидрометеорологического института им. В.А. Бугаева. 2001. Вып. 161 (242). С. 83–95.

Какурина Е.Г., Семакова Э.Р. Тенденция изменения лавинной активности в различных горных районах при потеплении климата // Труды Научно-исследовательского гидрометеорологического института. 2004. Вып. 3 (248). С. 65–78.

References

Christen M., Bühler Y., Bartelt P., Leine R., Glover J., Schweizer A., Graf Ch., McArdell B.W., Gerber W., Deubelbeiss Y., Feistl Th., Volkwein A. Integral hazard management using a unified software environment: numerical simulation tool "RAMMS" for gravitational natural hazards. *Proceedings of the 12th Congress INTERPRAEVENT (Grenoble, France, 23–26 April 2012)*, Grenoble, 2012, vol. 1, pp. 77–86.

Geografiya lavin [Geography of Avalanches]. Myagkov S.M., Kanaev L.A. (eds.). Moscow, Publ. of MSU, 1992. 330 p. (In Russian).

Glazyrin G.E. Fazovoe sostoyanie osadkov v gorakh v zavisimosti ot prizemnoi temperatury vozdukha [Phase state of precipitation in the mountains depending on surface air temperature]. *Meteorologiya i gidrologiya [Meteorology and Hydrology]*, 1970, iss. 1, pp. 30–34. (In Russian).

Kakurina E.G., Pertsiger F.I., Yakovlev A.V. Opyt postroeniya krupnomasshtabnoi karty vysoty

Кондрашов И.В. Прогноз лавин и некоторых характеристик снежности в горах Казахстана. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 72 с.

Кошоев М.К. Оценка нивально-гляциальных опасных явлений высокогорного района Иссыкульского территориально-производственного комплекса. Автореф. дисс. … канд. геол.-мин. наук. М.: Изд-во МГУ, 1986. 23 с.

Околов В.Ф., Мягков С.М. Методика долгосрочного прогноза климатически обусловленных опасных явлений (на примере лавин) // Оценка и долгосрочный прогноз изменения природы гор. М.: Изд-во МГУ, 1987. С. 104–120.

Олейников А.Д., Володичева Н.А. Современные тенденции изменения снеголавинного режима Центрального Кавказа (на примере Приэльбрусья) // Лёд и Снег. 2019. Т. 59. № 2. С.191–200. DOI: 10.15356/2076-6734-2019-2-400.

Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. Л.: Гидрометиздат, 1974. 424 с.

Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм (ВМО-№ 1203). ВМО, 2017. 32 с.

Семакова Э.Р., Карандаев С.В., Тарасов Ю.А. Индикационные показатели климата и рельефа, определяющие снеголавинный режим района перевала Камчик // Труды Научно-исследовательского гидрометеорологического института. 2010. Вып. 16 (261). С. 96–102.

Трошкина Е.С. Лавинный режим горных территорий СССР // Итоги науки и техники. Серия: Гляциология. Т. 11. М.: Изд-во ВИНИТИ, 1992. 184 с.

Christen M., Bühler Y., Bartelt P., Leine R., Glover J., Schweizer A., Graf Ch., McArdell B.W., Gerber W., Deubelbeiss Y., Feistl Th., Volkwein A. Integral hazard management using a unified software environment: numerical simulation tool "RAMMS" for gravitational natural hazards // Proceedings of the 12th Congress INTERPRAEVENT (Grenoble, France, 23–26 April 2012). Grenoble, 2012. Vol. 1. P. 77–86.

snezhnogo pokrova [Experience in generation a large-scale map of the snow cover depth]. *Trudy Sredneaziatskogo regional'nogo nauchno-issledovatel'skogo gidrometeorologicheskogo instituta im. V. A. Bugaeva [Proceedings of the Central Asian Regional Research Hydrometeorological Institute named after V.A. Bugaev]*, 2001, iss. 161 (242), pp. 83–95. (In Russian).

Kakurina E.G., Semakova E.R. Tendentsiya izmeneniya lavinnoi aktivnosti v razlichnykh gornykh raionakh pri poteplenii klimata [The trend of changes in avalanche activity in various mountainous regions with climate warming]. *Trudy Nauchno-issledovatel'skogo gidrometeoro-logicheskogo instituta [Proceedings of the Scientific Research Hydrometeorological Institute]*, 2004, iss. 3 (248), pp. 65–78. (In Russian).

Kondrashov I.V. *Prognoz lavin i nekotorykh kharakteristik snezhnosti v gorakh Kazakhstana [Forecast of avalanches and some characteristics of snowiness in the mountains of Kazakhstan]*. Leningrad, Publ. of Gidrometeoizdat, 1991. 72 p. (In Russian).

Koshoev M.K. *Otsenka nival'no-glyatsial'nykh opasnykh yavlenii vysokogornogo raiona Issykul'skogo territorial'no-proizvodstvennogo kompleksa. Avtoref. diss. kand. geol.-min. nauk [Assessment of nival-glacial hazards in the high-mountain region of the Issyk-Kul territorial-industrial complex. Ph. D. (geological and mineralogical) Thesis]*. Moscow, Publ. of Moscow State University, 1986. 23 p. (In Russian).

Okolov V.F., Myagkov S.M. Metodika dolgosrochnogo prognoza klimaticheski obuslovlennykh opasnykh yavlenii (na primere lavin) [Methods of long-term forecasting of climatically conditioned hazardous phenomena (on the example of avalanches)]. *Otsenka i dolgosrochnyi prognoz izmeneniya prirody gor [Evaluation and long-term forecast of changes in the nature of mountains]*. Moscow, Publ. of Moscow State University, 1987, pp. 104–120. (In Russian).

Oleinikov A.D., Volodicheva N.A. Sovremennye tendentsii izmeneniya snegolavinnogo rezhima

Semakova E., Bühler Y. TerraSAR-X/TanDEM-X data for natural hazards research in mountainous regions of Uzbekistan // Journal of Applied Remote Sensing. 2017. Vol. 11. Iss. 3. 036024. DOI: 10.1117/1.JRS.11.036024.

Tsentral'nogo Kavkaza (na primere Priel'brus'ya) [Recent trends of snow avalanche regime in the Central Caucasus (Elbrus region as an example)]. *Led i sneg [Ice and snow]*, 2019, vol. 59, iss. 2, pp. 191–200. DOI: 10.15356/2076-6734-2019-2-400. (In Russian; abstract in English).

Rozhdestvenskii A.V., Chebotarev A.I. *Statisticheskie metody v gidrologii [Statistical methods in hydrology]*. Leningrad, Publ. Gidrometizdat, 1974. 424 p. (In Russian).

Semakova E., Bühler Y. TerraSAR-X/TanDEM-X data for natural hazards research in mountainous regions of Uzbekistan. *Journal of Applied Remote Sensing*, 2017, vol. 11, iss. 3, 036024. DOI: 10.1117/1.JRS.11.036024.

Semakova E.R., Karandaev S.V., Tarasov Yu.A. Indikatsionnye pokazateli klimata i rel'efa, opredelyayushchie snegolavinnyi rezhim raiona perevala Kamchik [Climate and topography indicative characteristics that determine the snow-avalanche regime of the Kamchik Pass area]. *Trudy Nauchno-issledovatel'skogo gidrometeoro-logicheskogo instituta [Proceedings of the Scientific Research Hydrometeorological Institute]*, 2010, iss. 16 (261), pp. 96–102. (In Russian).

Troshkina E.S. *Lavinnyi rezhim gornykh territorii SSSR [Avalanche regime of the mountain territories of the USSR]*. Itogi nauki i tekhniki. Seriya: Glyatsiologiya [Itogi nauki i tekhniki. Series: Glaciology], vol. 11. Moscow, Publ. of VINITI, 1992. 184 p. (In Russian).

WMO guidelines on the calculation of climate normals (WMO-No 1203). WMO, 2017, 29 p.