**ИСМАИЛОВ Н.Ы., ЧЫМЫРОВ А.У.**¹КГУСТА им. Н. Исанова, Бишкек, Кыргызская Республика**ISMAILOV N.Y., CHYMYROV A.U.**¹KSUCTA n.a. N. Isanov, Bishkek, Kyrgyz Republic
nur_ismailove@mail.ru, akylbek2005@yahoo.com**КАРТИРОВАНИЕ ЛАВИННОЙ ОПАСНОСТИ НА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГЕ
ОШ-БИШКЕК****MAPPING OF AVALANCHE HAZARD ALONG THE OSH-BISHKEK ROAD**

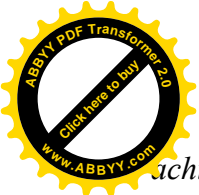
Бул макалада Бишкек-Ош транспорт коридорундагы кар көчкү коркунучун картага түшүрүү жана геомаалыматтар базасын түзүү боюнча изилдөөлөрдүн жаңы методологиясы жана натыйжалары берилген. Өлкөнүн түндүк жана түштүк аймактарын бириктирип турган жана стратегиялык ролду ойногон Бишкек-Ош автомобиль жолу ар кандай табигый жана техногендик тобокелчиликтерге дуушар болуп, алардын эң кооптуусу кар көчкүсү болуп саналат. Жыл сайын олуттуу социалдык-экономикалык жоготууларды алып келген кар көчкү коркунучун азайтуу жаңы технологияларды жана илимий-техникалык жетишкендиктерди колдонуу менен мүмкүн. Бул изилдөөдө заманбап геомаалыматтык технологиялар жана Бишкек-Ош жолунун кар көчкү коркунучу эң көп кооптуу тилкелериндеги географиялык, топографиялык, топурак-геологиялык, гидрометеорологиялык, ботаникалык жана башка факторлорду пайдаланып изилдөөнүн ыкмалары колдонулган. Кагаз карталарын санариптештирүүнүн жана кар көчкүлөрү боюнча оперативдүү жана статистикалык маалыматтарды киргизүүнүн жыйынтыгы боюнча жердин рельефи жана кар көчкүлөрдүн санариптик карталары менен геомаалыматтар базасы түзүлдү.

Өзөк сөздөр: кар көчкү коркунучу, табигый тобокелдиктерди башкаруу, карта түзүү, ГИС, геомаалыматтар базасы, жол.

В данной статье приведены новая методология и результаты исследований по картированию и созданию базы геоданных лавинной опасности на транспортном коридоре Бишкек-Ош. Автомобильная дорога Бишкек-Ош, соединяющая северный и южный части страны и играющая стратегическую роль, подвержена разным видам природных и техногенных рисков, одними из наиболее опасных из которых являются снежные лавины. Снижение риска снежных лавин, которые ежегодно причиняют значительные социально-экономические потери, возможно при использовании новых технологий и научно-технических достижений. В работе были использованы современные геоинформационные технологии и методы исследования географических, топографических, почвенно-геологических, гидрометеорологических, ботанических и других факторов в наиболее лавиноопасных участках дороги Бишкек-Ош. Разработана база геоданных с цифровыми картами местности и лавиносборов по результатам оцифровки бумажных карт и ввода оперативных и статистических данных по снежным лавинам.

Ключевые слова: лавинная опасность, управление природными рисками, картирование, ГИС, база геоданных, дорога.

This article describes in detail the new methodology and results of research on mapping and development of the avalanche hazard geodatabase of the Bishkek-Osh transport corridor. The Bishkek-Osh Road, connecting the northern and southern parts of the country, has a strategic role, but prone to various types of natural and man-made risks, the most frequent of which are avalanches. Reduction of the avalanche risk, which annually cause significant socio-economic losses, is possible with the application of new technologies, scientific and technological



achievements. The research has used modern geoinformation technologies and methods for studying geographic, topographic, soil-geological, hydrometeorological, botanical and other objects on the most avalanche prone sections of the Bishkek-Osh Road. A geodatabase has been developed with digital maps of the area and avalanches based on the results of digitized paper maps and entering operational and statistical data on snow avalanches.

Key words: avalanche hazard, natural risk management, mapping, GIS, geodatabase, road.

Введение. Лавина (также называемая оползнем или снежным оползнем) - это снежная масса, скользящая, кувыркающаяся или стекающая по наклонной поверхности с огромной скоростью [1]. Основные типы лавин: плиточные, рыхлый снег - шлам, ледопад, карниз, мокрый, скользящий и слякоть - они возникают на очень пологих склонах 5-20 градусов. Типичная мокрая лавина движется со скоростью от 15 до 30 км/ч, в то время как типичная снежная лавина движется со скоростью от 100 до 130 км/ч, что сильно отличает их. Лавины очень неразрывно связаны с горами и снегом, потому происходят в гористой местности со сильными снегопадами. Около 53% площади Кыргызской Республики составляют лавиноопасные зоны, что составляет около 105 000 кв. км. [2,3].

Из-за климатических особенностей и горного рельефа в разных регионах страны лавинная опасность имеет свои особенности. Количество снежных лавин можно классифицировать по бассейнам больших рек: Чандалаш – 700 лавин в год; Чычкан – 390; Узунакмат – 378; Чаткал – 292; Суусамыр – 218; Западный Каракол – 190; Чонкемин – 171; Кекарт -156; Пачаата – 152; Исфайрамсай – 125 [3]. Автомобильные дороги, расположенные на высокогорных районах подвержены лавинной опасности, требуют принятия необходимых мер для снижения и управления риском лавин.

Автомобильная дорога Бишкек-Ош является транспортной артерией, соединяющей северный и южный части страны и играет стратегическую роль. Но она подвержена разным видам природных и техногенных рисков, одним из наиболее опасных из которых является снежные лавины. Снижение риска снежных лавин возможно при использовании новых технологий и научно-технических достижений. Существует много вполне доступных способов для достижения этой цели, которых можно разделить на профилактические и конструктивные. В горных условиях нашей страны можно строить лавинозащитные галереи, козырьки, лавинорезы и снегоудерживающие сооружения в виде железобетонных пирамид, стальных сеток, щитов и других инженерно-конструктивных элементов [4].

В последние годы термин «Надлежащее управление» стал одним из центральных аспектов управления стихийными бедствиями, где управление относится к действиям, процессам, традициям и институтам, посредством которых осуществляется власть, принимаются и реализуются решения [5]. Как указано ПРООН [6], «Надлежащее управление, помимо прочего, предполагает участие, прозрачность и подотчетность. Это также эффективно и справедливо. И это способствует верховенству закона». В управлении рисками важно, чтобы все участники слаженно работали вместе, а лица, принимающие решения, действовали в соответствии с законом.

В советское время было проведено много исследований и собрано много исторических данных по лавинам. Но из-за экономических трудностей последних 30 лет при меньшей поддержке исследований произошло отставание научно-исследовательских работ от требований времени. Поэтому возникла острая необходимость использования преимуществ новых технологий, таких как геоинформационные системы (ГИС), при разработке современного лавинного кадастра Кыргызской Республики для лучшего управления и прогнозирования лавин, а также для лучшего их мониторинга [7].

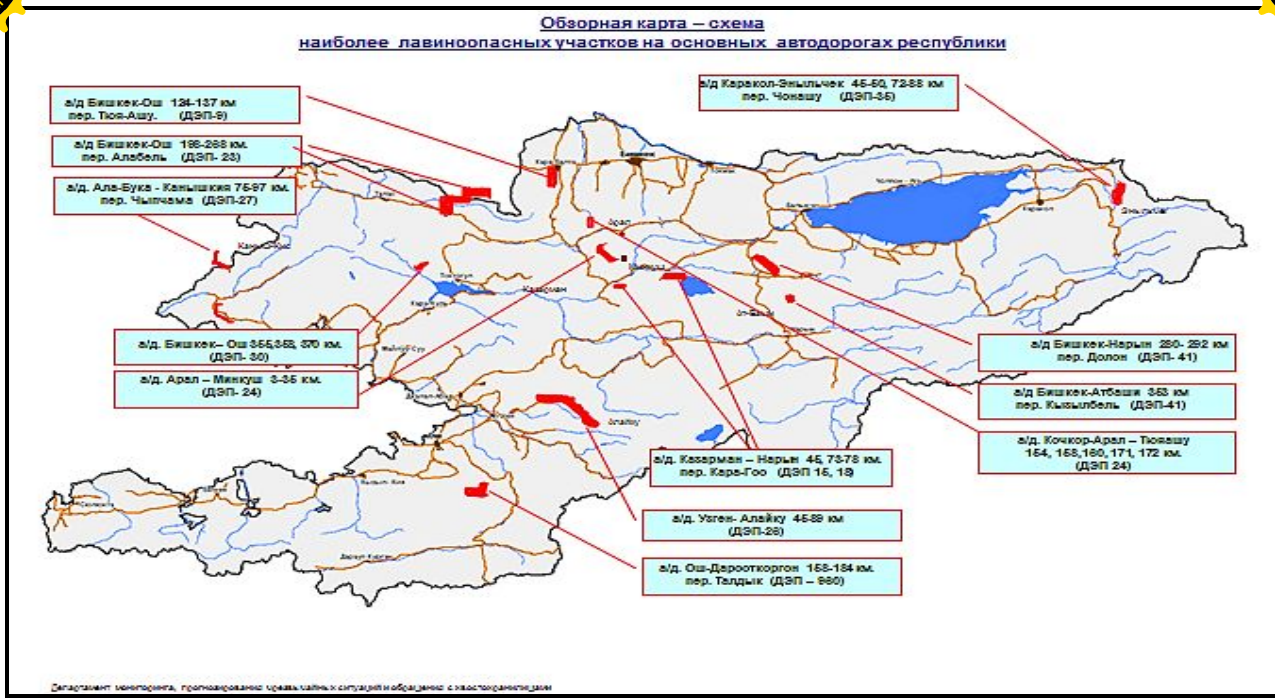


Рис. 1. Карта лавиноопасных участков дорог Кыргызской Республики (источник МЧС КР)

Материалы и методы исследования. В качестве первого шага к более эффективному прогнозированию и реализации смягчающих мер стала разработка цифровой лавинной инвентаризации в стране («лавиновый кадастр» Кыргызской Республики). Она нацелена на моделирование природных рисков и повышает приоритет реализации защитных инфраструктур в зонах, наиболее подверженных сходу лавины. Кроме того, это помогает в непрерывном мониторинге поведения лавины и оценке потенциального влияния изменения климата.

Для параметризации моделей и поддержки решений необходимо собирать подробные сведения о лавинах. Составлен перечень государственных и негосударственных организаций, институтов, компаний, имеющих отношения к управлению риском лавин и картографическим материалам. Основной государственной организацией, занимающейся управлением и снижением лавинной опасности является Агентство по гидрометеорологии Министерства чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики (МЧС КР), в составе которой находится Управление гляциологии и лавинной безопасности (УГЛБ). Министерство имеет широкую сеть станций: метеорологические, объединенные гидрометеорологические, снеголавинные, а также посты гидрологические, метеорологические и агрометеорологические. В районе исследований находятся оборудования УГЛБ для мониторинга лавинных участков: осадкомеры, снегопункты и метеоплощадка.

До сих пор большая часть данных была доступна только на бумаге и не обрабатывалась для дальнейшего использования в оценках опасностей и рисков. Результаты данного исследования дали возможность создать цифровой лавинный кадастр для оперативного использования в Кыргызской Республике.

В результате камеральных и полевых работ определены и идентифицированы лавинные очаги вдоль дороги Бишкек-Ош. Они классифицированы как безопасные, опасные в год с большим количеством снеговых осадков и очень опасные. Для трассы Бишкек-Ош наибольшую опасность представляют лавиноопасные участки в районе перевалов Тоо-Ашуу и Алабель, в ущелье Чычкан и на Суусамырской долине - 124-137 км, 198-216 км, 216-231 км и 231-265 км участки дороги. На этих объектах за период наблюдений с 1964 по 2004 год сошло более 400 лавин, нанеших материальный ущерб и приведшие к гибели людей.

Лавиноопасный участок дороги Бишкек-Ош с 198-го по 265 км, обслуживаемый снеголавинной станцией УГЛБ «Ит-Агар», расположен в среднем течении реки Чычкан. С севера и северо-запада участок ограничен отрогами Суусамыр-Тоо, на западе ограничен

устьем реки Кочку-Булак, на востоке устьем реки Терсты. Климат местности континентальный с температурой от -33°C до $+16,4^{\circ}\text{C}$, среднегодовое количество осадков 693,8 мм. На рис. 2 можно видеть, что большинство лавин на этом участке сходят ежегодно и принудительно спускаются.

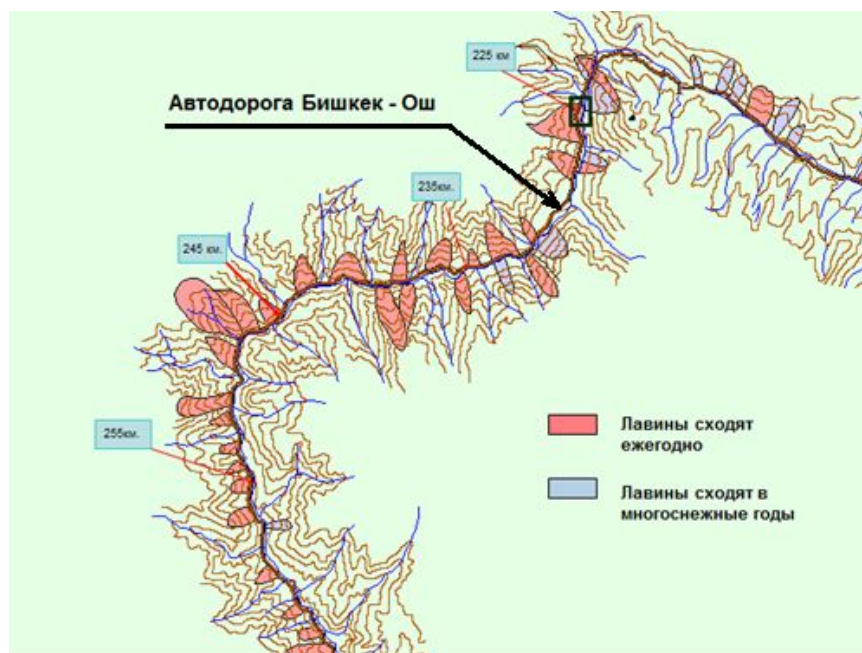


Рис. 2. Схема расположения лавиносборов на участке 198-265 км трассы

Результаты. Разработана структура файловой базы геоданных для ввода кадастровой информации по лавиноопасным участкам (время схода лавин, их местоположение, площадь, высота и траектория схода лавин, полученные из разных источников). Разработка базы геоданных и ее концептуальной структуры являются важными задачами в любом проекте. Процесс разработки базы геоданных является одним из самых ответственных этапов при разработке географической информационной системы и требует очень ответственного подхода. Ожидается, что новая база геоданных станет весомым вкладом в дальнейшую деятельность кыргызских государственных органов и международных организаций по снижению риска бедствий на транспортных коридорах в горных районах Кыргызской Республики.

Процесс подготовки данных для электронной базы состоит со сбора данных, далее идет пространственная привязка и оцифровка старых бумажных карт, заполнение таблицы атрибутов слоев. Исторические климатические данные, собранные в советское время и дополняемые сегодня более свежими данными, служат основой при моделировании процессов образования и схода лавин.

Цифровые модели рельефа (ЦМР) играют очень важную роль в изучении процессов образования и схода лавин. В Кыргызской Республике отсутствуют национальные ЦМР высокого разрешения, поэтому в исследовании были использованы бесплатные спутниковые данные, а именно глобальные ЦМР на основе данных ASTER и SRTM с пространственным разрешением, равным в 30 м [8]. Однако проведенное сравнение показало, что у ЦМР ASTER меньше пробелов в данных, поэтому она была использована для дальнейшего пространственного анализа.

Картографирование природных опасностей часто требует аэрофотоснимков или спутниковых изображений достаточного пространственного разрешения и качества. Однако аэрофотоснимки сверхвысокого разрешения были недоступны в местных высокогорных условиях. Поэтому в качестве базовых карт были использованы картографические сервисы Google Earth, Bing и ESRI, доступные через плагины ГИС и функции WMS. Они позволили выполнять оцифровку и визуальный анализ в районе исследований.

От государственных органов и научно-исследовательских учреждений получены топографические, лесохозяйственные, почвенно-дорожные карты. Эти бумажные карты

Отсканированы, получили географическую привязку и оцифрованы как слои карты базы геоданных лавин. Основным источником информации для картографирования лавинной опасности является лавинный кадастр МЧС КР, состоящий из бумажных карт районов схода лавин и так называемых лавинных паспортов. На основе этих сведений разработан цифровой лавинный кадастр.

Первым шагом в создании баз геоданных является картирование областей потенциального схода лавин и их базовой восприимчивости к возникновению лавин (BAIS) [9, 10]. BAIS характеризует вероятность образования снежных лавин, которая зависит от климатических и топографических характеристик. Высота снежного покрова, крутизна и неровность местности определяют вероятность образования снежных лавин на данном склоне [11, 12]. По наблюдениям Ма и Ху [13], в горах Китайского Тянь-Шаня часто происходят сходы лавин при общей высоте снежного покрова более 50 см. В результате других исследований определена критическая минимальная толщина снега для схода лавин, равная 25-30 см в горах Восточного (Китайского) и Северного (Казахстанского) Тянь-Шаня [14, 15]. Это также соответствует описаниям лавинных наблюдателей на перевалах Тоо-Ашуу и Ала-Бель. В Китайском и Заилийском хребтах Тянь-Шаня крупные лавины обычно наблюдались при высоте снежного покрова более 70 см [16, 17].

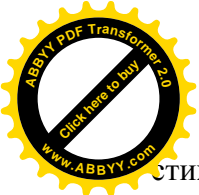
В результате картирования и создания базы геоданных лавинной опасности получен электронный лавинный кадастр автомобильной дороги Бишкек-Ош (Рис. 3).

Заключение. В данном исследовании были использованы современные геоинформационные технологии и методы исследования географических, топографических, почвенно-геологических, гидрометеорологических, ботанических и других условий в наиболее лавиноопасных участках дороги Бишкек-Ош. Разработана база геоданных с цифровыми картами местности и лавиносборов по результатам оцифровки бумажных карт и ввода оперативных и статических данных по снежным лавинам за все время наблюдений. Созданная база геоданных, трехмерные модели местности, цифровые карты и спутниковые снимки позволяют дальнейшее успешное выполнение последующих мероприятий по снижению риска снежных лавин на транспортном коридоре Бишкек-Ош.



Рис. 3. Электронная карта лавинной опасности на автомобильной дороге Бишкек-Ош

База геоданных поддерживает все различные типы данных ГИС, которые могут использоваться ArcGIS, такие как атрибутивные данные, географические объекты, спутниковые и аэрофотоснимки, данные САПР, моделирование поверхности или 3D-данные, системы коммунальных и транспортных сетей, координаты GPS и геодезические данные. измерения. Большой объем отсканированных и оцифрованных топографических карт, карт



стихийных бедствий и инфраструктуры, продуктов дистанционного зондирования и данных геодезических съемок позволяет хранить их в базах геоданных с максимальной эффективностью, безопасностью данных и минимальной избыточностью данных. Разработанная база данных лавинного кадастра будет способствовать совершенствованию превентивных мер и будет использоваться для разработки мер по смягчению и адаптации, для анализа и оценки рисков.

Благодарность

Авторы выражают благодарность международному проекту «Управление природными рисками на транспортную инфраструктуру Кыргызской Республики с фокусом на лавинозащитные леса» (Natural Hazard Risk Management for transport infrastructure in the Kyrgyz Republic focusing on avalanche protection forests) за предоставленные возможности и данные для исследований. Это проект реализован совместно кыргызскими и австрийскими университетами, Министерством чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики (МЧС КР) при финансовой поддержке Федерального Министерства Австрии по сельскому хозяйству, лесу, окружающей среде и воды (BMLFUW).

Список литературы

1. Стасенко Л.Н. Лавины в Кыргызстане [Текст] / Л.Н. Стасенко, Н.А. Раджапова, А.Ш. Рысбеков, А.А. Албанов // Вестник КГУСТА. – Бишкек: 2021. – № 1(71). – С. 147-154. – DOI 10.35803/1694-5298.2021.1.147-154.
2. Соловьев А.С. Математическое моделирование поведения снежной массы на горном склоне/ Вестник ВГТУ. - 2011. - №4. [Электронный ресурс] Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskoe-modelirovanie-povedeniya-snezhnoy-massy-na-gornom-sklone> (дата обращения: 13.04.2022).
3. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики [Текст] /Изд. 10-е с изм. и доп.). - Б.: МЧС КР, 2012. /MESKR, 2012.
4. Мамбетов А.М. Меры по уменьшению опасности от лавин на территории Кыргызстана / Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. - 2010. №1. [Электронный ресурс] Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mery-po-umensheniyu-opasnosti-ot-lavin-na-territorii-kyrgyzstana> (дата обращения: 13.04.2022).
5. Zeidler A. ACLISP - Climate Change Adaptation by Spatial Planning in the Alpine Space: WP 6 Risk Governance & Risk Communication: SYNTHESIS REPORT. Lebensministerium Umweltbundesamt, BFW, Wien. 2011.
6. Governance for sustainable human development, a UNDP Policy Document, Management Development and Governance Division, United Nations Development Programme, January 1997.
7. Дышлюк С.С., Дранникова Ж.А. Современное применение ГИС-технологий при мониторинге снежных лавин // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2013. №. [Электронный ресурс] Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-primeneniye-gis-tehnologiy-pri-monitoringe-snezhnyh-lavin> (дата обращения: 13.04.2022).
8. Chymyrov A.U. Comparison of different DEMs for hydrological studies in the mountainous areas. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, Volume 24, Issue 3, Part 2, 2021, pp. 587-594.
9. Gruber, U. Using GIS for Avalanche Hazard Mapping in Switzerland. Proceedings of the 2001 ESRI International User Conference July 9-13, 2001, San Diego.
10. Maggioni M., Gruber U. Definition and characterisation of potential avalanche release areas. Proceedings of the 2002 ESRJ International User Conference July8-12, 2002, San Diego.
11. Schaerer P.A. Avalanches. In: Gray, D.M. & Male, D.H. (1981): Handbook of snow. Principles, management & use. Blackburn Press. Caldwell, New Jersey.



12. Severskiy, I.; Blagoveshchenskiy, V. (1996): The estimation of avalanche hazard of mountain territories. Internationales Symposium INTERPRAEVENT 1996 – Garmisch-Partenkirchen, Tagungspublikation, Band 2: 91-101
13. Ma W., Hu R. Relationship between the development of depth hoar and avalanche release in the Tian Shan mountain, China. Journal of Glaciology 36, 122: 37-40).
14. Hu, R., Ma H., Wang G. An outline of avalanches in the Tien Shan mountains. Annals of Glaciology 16 (1992): 7-10).
15. Blagovechshenskiy, V.; Gulyaeva, T.S.; Kokarev, A.L. (2004): Natural Hazards Estimation and Mapping in the Dzungar Alatau Range (Kazakhstan). Internationales Symposium INTERPRAEVENT 2004 – Riva/Trient, Tagungspublikation, Band I: 27-35.
16. Hu R., Ma H. & Wang G. An outline of avalanches in the Tien Shan mountains. Annals of Glaciology 16 (1992): 7-10.
17. Blagovechshenskiy V., Egorov A., Kokarev K. Avalanche activity and avalanche risk in the Zailiyskiy Alatau Range (Kazakhstan). INTERPRAEVENT 2008 – Extended Abstracts: 50-51.
18. Дюнин А.К. Защита автомобильных дорог от лавин [Текст] / А.К.Дюнин, Г.В. Бялобжеский, А.Г.Чесноков. - М.: Транспорт, 1987. - 61 с.