

*Мамбетов А.М., Аманова М.Т., Ыманбеков К.Ы.***ТҮНДҮК ТЯНЬ-ШАНДЫН МИСАЛЫНДА УЧКУЧСУЗ УЧУУЧУ  
АППАРАТТАРДЫ КОЛДОНУУ МЕНЕН КООПТУУ ТАБИГЫЙ ПРОЦЕССТЕРДИН  
ӨНҮГҮШҮНӨ МОНИТОРИНГ ЖҮРГҮЗҮҮ***Мамбетов А.М., Аманова М.Т., Ыманбеков К.Ы.***МОНИТОРИНГ ЗА РАЗВИТИЕМ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ  
ПРОЦЕССОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ  
АППАРАТОВ НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ***A. Mambetov, M. Amanova, K. Ymanbekov***MONITORING FOR THE DEVELOPMENT OF HAZARDOUS  
NATURAL PROCESSES USING UNMANNED AERIAL VEHICLES  
ON THE EXAMPLE OF THE NORTHERN TIEN-SHAN**

УДК: 551.4.042

Учурда климаттын глобалдык өзгөрүшүнө жана анын кесепеттерине байланыштуу калкты жана аймактарды табигый өзгөчө кырдаалдардан коргоо көйгөйлөрүнүн актуалдуулугу жогорулоодо. Криосферадагы өзгөрүүлөр бийик тоолуу жана тоо этегиндеги кооптуу табигый процесстердин активдешүүсүнө алып келет. Аймактык масштабда климаттык мүнөздөгү табигый кырсыктардын саны көбөйүп, көптөгөн курмандыктарга жана чоң экономикалык жана социалдык зыяндарга алып келет. Көптөгөн табигый кырсыктар күтүлбөгөн жерден болуп, катастрофалык мүнөзгө ээ болгондуктан, калкты жана аймакты коргоо максатында алардын мониторинги жана болжолдоосу маселеси биринчи орунда турат. Акыркы жылдары кооптуу табигый процесстерди көзөмөлдөө үчүн ар кандай аралыктан зондоо ыкмалары кеңири колдонулуп келе жатат. Бул олуттуу талаа-изилдөө жүргүзүү үчүн убакыт жана эмгек чыгымдарын азайтат, ошондой эле жаратылыш жараяндарын коркунучтуу өнүктүрүү изилдөө аймактарында учкучсуз абада (учкучсуз) пайдалануу зарыл.

**Негизги сөздөр:** кооптуу табигый процесс, учкучсуз учуучу аппараттар, табигый кырсык, климаттын өзгөрүшү, өзгөчө кырдаалдар.

В настоящее время актуальность проблем защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного характера, в связи с глобальным изменением климата и его последствиями имеет тенденцию к повышению. Изменения в криосфере приводят к активизации опасных природных процессов в высокогорной и предгорной зонах. В региональных масштабах наблюдается рост количества природных катастроф климатического характера, приводящих к многочисленным жертвам и большому экономическому и социальному ущербу. Поскольку многие стихийные бедствия происходят внезапно и носят катастрофический характер, то вопрос их мониторинга и прогнозирования в целях защиты населения и территории стоит на первом месте. В последние годы широко применяются для мониторинга опасных природных процессов различные методы дистанционного зондирования. Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для обследования участков опасного развития природных процессов является необходимым, так как значительно сокращает время и тру-

дозатраты на проведение полевых исследований.

**Ключевые слова:** опасный природный процесс, беспилотные летательные аппараты, стихийное бедствие, изменение климата, чрезвычайные ситуации.

Currently, the urgency of the problems of protecting the population and territories from natural emergencies, due to global climate change and its consequences, tends to increase. Changes in the cryosphere lead to the activation of dangerous natural processes in high-altitude and foothill zones. On a regional scale, there is an increase in the number of natural disasters of a climatic nature, leading to numerous victims and great economic and social damage. Since many natural disasters occur suddenly and are of a catastrophic nature, the issue of their monitoring and forecasting in order to protect the population and territory is in the first place. In recent years, various remote sensing methods have been widely used to monitor hazardous natural processes. The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) to survey areas of dangerous development of natural processes is necessary, as it significantly reduces the time and labor costs for conducting field research.

**Key words:** dangerous natural process, unmanned aerial vehicles, natural disaster, climate change, emergencies.

**Введение.** В последние годы, с развитием современных технологий, использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для мониторинга опасных участков становится крайне необходимым. Это значительно повышает качество проводимого мониторинга. Особенно это заметно при проведении мониторинга на труднодоступных участках: камнепады, осыпи, обвалы, на которых без применения БПЛА и снимков высокого разрешения крайне сложно определить неустойчивые блоки.

Другой проблемой являются большие размеры оползней, для мониторинга которых и оценки текущей ситуации необходим облет их с воздуха и составление ортофотопланов и цифровых моделей рельефа для дальнейшого анализа. Важным аспектом является проведение повторных кондиционных съемок для

сравнительного анализа и выявления изменений (подвижек).

Для мониторинга за высокогорными озерами также эффективно использование БПЛА при проведении батиметрической съемки, для уточнения и отрисовки береговой линии. Для лавин также применим данный метод, так как мониторинг за процессом можно вести с безопасного места или сопровождать работы по шурфовке и снегомерной съемке.

**Место исследования.** Высокогорная и предгорная зоны северного склона Кыргызского хребта. Данная зона характеризуется неравномерным выпадением осадков по высоте. Также в последние годы участились случаи выпадения жидких осадков на высоте выше 3000 м.н.у.м., что способствует увеличению таяния ледников и формированию гляциальных селей. В предгорной зоне особую угрозу представляют оползни, обвалы и камнепады, активизация которых также тесно связана с осадками и литологическими особенностями территории.

**Объекты исследования.** Оползневые участки, прорывоопасные озера Северного Тянь-Шаня, участки камнепадов, селевые конуса выноса в долинах северного склона Кыргызского хребта.

**Методика работ.** Для обследования труднодоступных участков проявления опасных природных процессов, в зависимости от специфики территории и конкретных задач нами использовались различные модели БПЛА: DJI Phantom 3, DJI Mavic, DJI Matrix 300 RTK. Привязка точек на земле производилась при

помощи GNSS станции.

Камеральные работы заключались в дешифрировании космо- и аэрофотоснимков. Постобработка проводилась в программах Agisoft, ArcGIS.

**Результаты.** Также в труднодоступных местах использование дронов является крайне необходимым при проведении полевых обследований участков. На

На рисунке 1 приведен пример использования дрона на участке дороги Бишкек-Балыкчы, 139 км, для идентификации блоков отседания и новых трещин. Склон слагает мощный скальный массив из крепких интрузивных пород жильного типа, над которыми расположена толща осадочно-метаморфических горных пород мощностью 20-25 м (рис. 1). Под длительным (десять тысяч лет) действием процессов выветривания приповерхностная часть этой толщи образует, так называемую, кору выветривания. Породы коры выветривания настолько сильно раздроблены трещиноватостью, что теряют прочностные свойства скальных пород и приближаются по физико-механическим характеристикам к рыхлообломочным породам. Поэтому породы коры выветривания держат откос слабее по сравнению со скальными породами, не затронутыми выветриванием. Вследствие ослабления устойчивости пород коры выветривания стала проблема обваливания и обрушения склона после его подреза автодорогой Бишкек-Торугарт на 139 км. В результате подреза был нарушен режим равновесия верхней толщи, что привело к её обвалу 12 августа 2015 г.



Рис. 1. Идентификация трещин и неустойчивых блоков на склоне.

Главной опасностью этого участка являются не отдельно падающие камни, а возможность обрушения крупных массивов горной породы, объемом от нескольких сотен до нескольких тысяч куб. метров. На вероятность такой возможности указывают крупные глубокие трещины, пересекающие скальную основу склона на участке обвального очага. Даже центральная скала, мысом выступающая по центру обвального очага, разбита трещиной, отсекающей блок объемом несколько сотен куб метров (рис. 1).

По ситуации на конец 2021 года, под склоном построена защитная стенка высотой около 6 метров, для

защиты автомобильной дороги, также построена отдельно стенка для защиты от камнепадов железной дороги. Часть блоков уже обвалилась, но существует по-прежнему угроза образования новых трещин, особенно в весенне-летний период.

Для обследования труднодоступных участков нами в последние годы широко используются БПЛА. Пример использования БПЛА для обследования оползня Галерея приведен на рисунке 2. Данный оползень образовался на склоне передового уступа крупного обвала, блокового типа. Большая крутизна склона (40-45<sup>0</sup>) обуславливается его подрезом рекой

Чу. Обвал произошел в среднечетвертичное время, когда на аллювиальную террасу реки Чу навалилась огромная масса сместившейся части горного склона. В процессе оползания активно участвуют сильно выветренные и раздробленные мелкими трещинами породы протерозоя, палеозоя и заглинизированные от-

ложения палеогена. До сих пор, на данном оползне сохраняется угроза схода оползня (рис. 2Б) и возможное перекрытие автомобильной дороги или разрушение защитной галереи расположенной вблизи оползня.

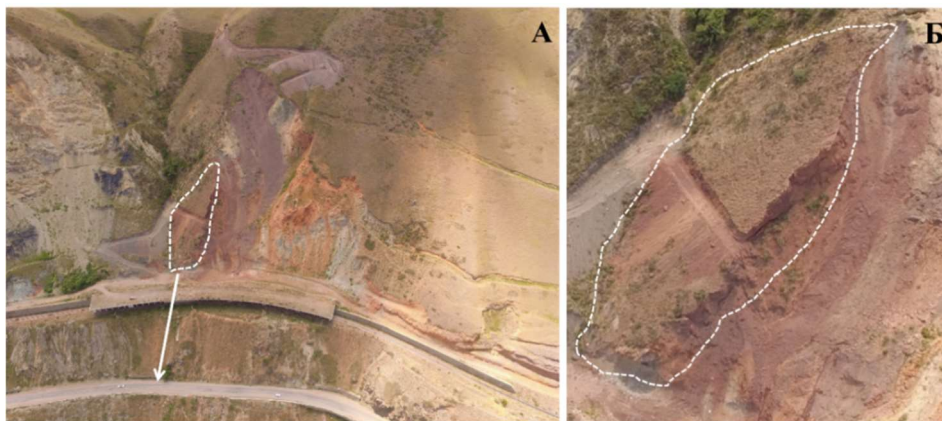


Рис. 2. Оползень «Галерея».

Данный участок был детально отснят с квадрокоптера. Помимо наглядности, из полученных с дрона снимков была построена цифровая модель рельефа и на ее основе получены продольные и поперечные профили местности (рис. 3). Также с использованием дополнительного модуля объем оползневой массы, объем составил около 0.2 млн м<sup>3</sup>. Данная информация необходима при планировании дальнейших защитных мер.

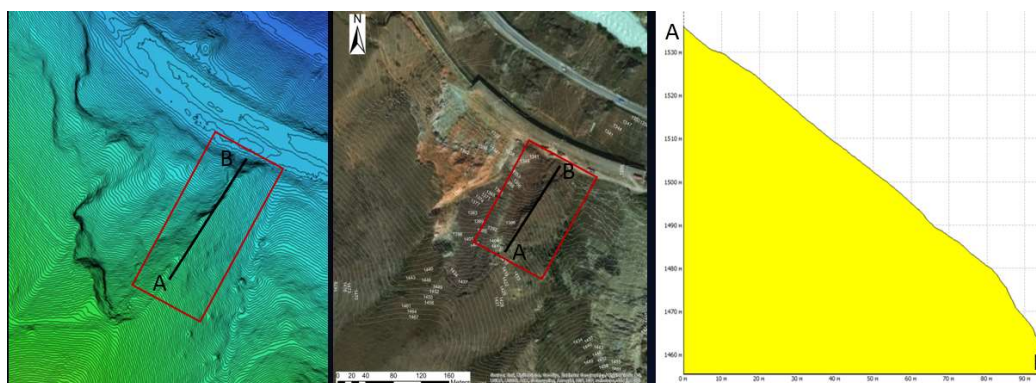


Рис. 3. Модель рельефа, ортофотоплан и профиль построенные в Agisoft.

Для мониторинга высокогорных прорывоопасных озер применяется комбинированный метод, предварительный анализ космоснимков и затем более детальная съемка с помощью БПЛА.

Ввиду больших трудозатрат полевых выездов на высокогорные озера, для определения изменений площадей высокогорных озер используются данные космических снимков Sentinel-2 и Landsat-8, находящихся в свободном доступе (на рисунке 4 приведен пример развития озера Акпай, данные получены со спутника Sentinel-2 с июня по июль 2021 г., озеро прорвало 2 августа 2021 г. Озеро расположено в верховьях долины реки Сокулук. Одной из характерных черт данного озера является контакт ледника с озером. В

2021 году возникла ситуация что внутрiledниковые каналы стока закупорились, затруднив сток воды из озера [1-3]. При достижении критического объема озеро прорвало, 2 августа вызвав мощный селевой поток вниз по долине. Озерная депрессия активно углубляется и расширяется за счет таяния языка ледника, который сейчас спадает в озеро уступом, высотой от 10 м. За данной депрессией необходимо дальнейшее наблюдение, особенно в периоды интенсивного наполнения озера май-июль.

Пример озера Акпай, доказывает, как важно получать своевременную информацию для мониторинга опасностей возможных прорывов.

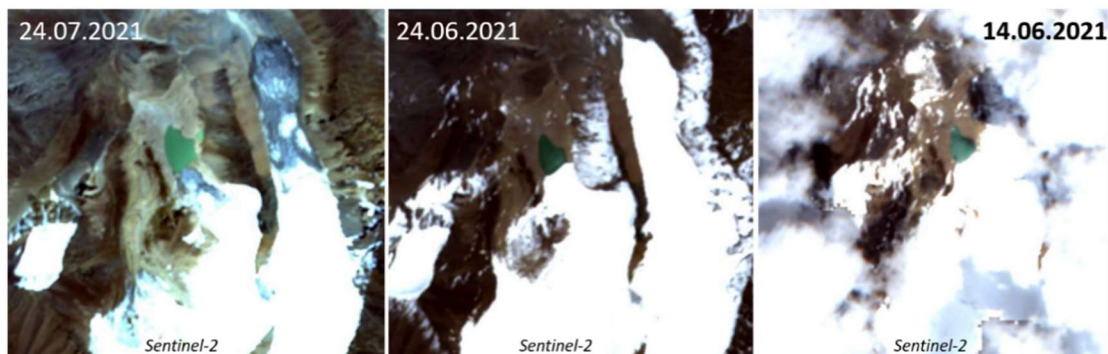


Рис. 4. Развитие озера Акпай Ч-19 за 2021 год.

Единственной существующей проблемой является присутствие облаков на космических снимках что затрудняет идентификацию озер в течение летнего периода, наиболее опасного с точки зрения резкого увеличения уровня воды в прорывоопасных озерах [4-5]. На рисунке 2 приведен пример долгосрочного мониторинга на основе спутниковой информации, где можно наблюдать увеличения площади зеркала озера из года в год.

Для прогноза и оценки лавиноопасных участков также эффективен метод мониторинга лавиносборов при помощи БПЛА с предварительной расстановкой снегомерных реек и последующим облетом участков с целью мониторинга за уровнем снега по рейкам (рис. 5).



Рис. 5. Лавиноопасный участок, Барскаун.

**Заключение.** Для мониторинга за развитием опасных природных процессов в долгосрочной перспективе необходимо и очень важно использовать БПЛА. Это значительно повышает качество и точность прогнозного материала.

Для труднодоступных участков проявления опасных природных процессов использование дронов, а также спутниковой информации является крайне необходимым источником. Важно использовать данную информацию совместно с геологической, гидрологической и литологической информацией, для более детального изучения и построения надеж-

ного прогноза развития опасной ситуации на будущее [6].

Также использование дрона позволяет строить качественные высокоточные модели рельефа на основе которых возможно построение моделей развития процессов что является очень важным при выборе защитных мер. На рисунке 6 приведен пример участка дороги в долине реки Барскаун, данному участку дороги угрожают лавины, нами были построены модели, в программе Flow-R для лучшего понимания масштабов распространения лавин и участков дороги которые могут быть затронуты лавиной.

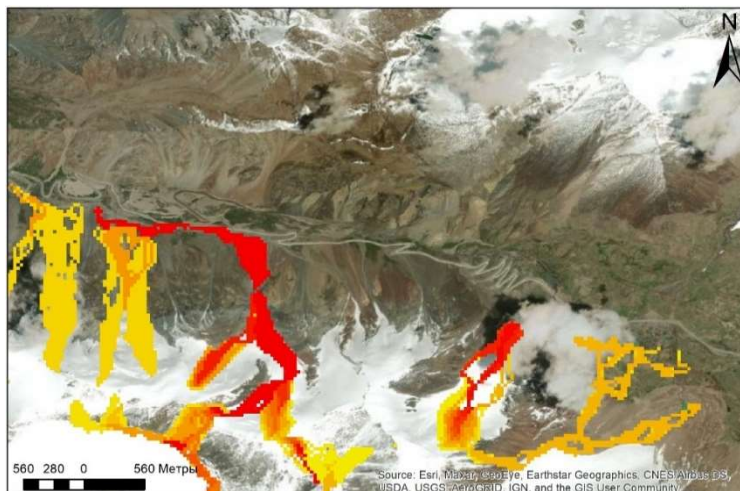


Рис. 6. Лавиноопасный участок, Барскаун, моделирование.

В целях улучшения системы мониторинга за опасными природными процессами планируется и дальше использовать БПЛА с последующим применением специализированных программ для моделирования опасных склоновых и русловых процессов.

Несмотря на все преимущества использования БПЛА есть ряд ограничений касающихся в основном погодных условий использования летательных аппаратов. Необходимо соблюдать ряд правил предосторожности и в зависимости от погодных условий применять тот или иной квадрокоптер.

#### Литература:

1. Ерохин С.А. Периодичность прорывоопасности горных озер различного типа. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории КР. - Б.: МЧС КР, 2014. - С. 590-594.
2. Ерохин С.А., Черны М. Типы моренно-ледниковых комплексов как критерии регрессии горно-долинного оледенения Тянь-Шаня. Сб. конференции: «Изменение климата и риски стихийных бедствий в горных районах». - Душанбе, «Контраст», 2011. - С. 65-66.
3. Meleshko A.A., Erokhin S.A., Zaginaev V.V. Factors of moraine-dammed lake outbursts: nonstationarity of the Tien-Shan lakes in Kyrgyzstan under climate change conditions. Environmental Problems of the Third Millennium Proceeding of the International Youth Scientific Conference. Изд-во РУДН. 2016. - С. 137-141
4. Загинаев В.В., Тузова Т.В. Прорыв моренно-ледникового озера Тез-Тёр (Северный Тянь-Шань). Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики. Издание десятое с изменениями и дополнениями. - Б.: Министерство чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики, 2013. - С. 563-570.
5. Erokhin S.A. et al. Debris flows triggered from non-stationary glacier lake outbursts: the case of the Teztor Lake complex (Northern Tian Shan, Kyrgyzstan) // Landslides. - 2018. - Т. 15. - №.1. - С. 83-98.
6. Загинаев В.В. и др. Мониторинг высокогорных озер северного склона Киргизского хребта с целью определения прорывоопасного периода // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. - 2019. - №. 4. - С. 139-142.