

УДК 504.064.36, 621.396.946
МРНТИ 87.33.31

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ МОРЕНЫХ ОЗЕР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ СВЯЗИ

Д.Ш. АХМЕДОВ, Д.И. ЕРЕМИН, Д.Г. ЖАКСЫГУЛОВА

Институт космической техники и технологий

Аннотация: Статья посвящена одному из чрезвычайно опасных природных явлений в горных регионах, а именно стихийному гидрологическому явлению как селя. Каждому горному району свойственна определенная статистика причин возникновения селей. В статье описываются причины возникновения селевых потоков на территории Казахстана, а также приведены методы предотвращения селевых потоков или минимизации их последствий с возможностью практически непрерывного мониторинга и оповещения о селевой опасности в режиме реального времени. Мониторинг уровня горных (завальных, ледниковых, моренных) озер позволит вычислить время перелива и принять превентивные меры на основе накоплений необходимого объема данных измерений параметров окружающей среды. Однако существующая потребность в отслеживании поведения и состояния этих объектов осложняется отсутствием наземных и сотовых систем связи и отсутствием источника питания в горных местностях страны. В статье описывается принцип работы системы мониторинга состояния моренных озер с использованием космических технологий связи. Основными компонентами системы мониторинга состояния моренных озер являются станция сбора и передачи данных, которая является источником входных телеметрических и метеорологических данных, а также подсистема мониторинга и отображения данных, исследующая потенциальную опасность прорыва моренных озер. Описаны основные функции каждой подсистемы, а также структура выходной информации и критерии отказа каждого основного компонента. Приведены технические решения по взаимосвязям системы мониторинга состояния моренных озер со смежными системами и по обеспечению ее совместимости.

Ключевые слова: мониторинг моренных озер, моренные озера, селеопасные объекты, датчики, система мониторинга

STRUCTURE OF THE MONITORING SYSTEM FOR THE CONDITION OF MORAINÉ LAKES USING SPACE COMMUNICATION TECHNOLOGIES

Abstract: The article is devoted to one of the extremely dangerous natural phenomena in the mountainous regions, namely, a natural hydrological phenomenon like mudflow. Each mountain region is characterized by certain statistics of the causes of mudflows. The article describes the causes of mudflows in the territory of Kazakhstan, as well as methods for preventing mudflows or minimizing their consequences with the possibility of near-continuous monitoring and warning of mudflow danger in real time. Monitoring the level of mountain (obstruction, glacial, moraine) lakes will allow to calculate the overflow time and take preventive measures based on the accumulations of the required amount of environmental parameter measurement data. However, the existing need to monitor the behavior and condition of these objects is complicated by the lack of land and cellular communication systems and the lack of a power source in the mountainous areas of the country. The article describes the principle of operation of a system for monitoring the state of moraine lakes using space communication technologies. The main components of the monitoring system of moraine lakes are the data collection and transmission station, which is the source of the input telemetry and meteorological data, as well as the subsystem of monitoring and data display, which studies the potential danger of moraine lakes breaking through. The basic functions of each subsystem are described, as well as the structure of the output information and the failure criteria of

each basic component. Technical solutions for the interrelationships of the monitoring system of moraine lakes with adjacent systems and to ensure its compatibility are given.

Keywords: *monitoring of moraine lakes, moraine lakes, sulphurous objects, sensors, monitoring system*

ҒАРЫШТЫҚ БАЙЛАНЫС ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП, ТАУЛЫ КӨЛДЕРІНІҢ КҮЙІН МОНИТОРИНГТЕУ ЖҮЙЕСІНІҢ ҚҰРЫЛЫМЫ

Аңдатпа: Еңбекте таулы аймақтардағы өте қауіпті табиғи құбылыстардың біріне, атап айтқанда, сел сияқты табиғи гидрологиялық құбылысқа арналған. Әрбір таулы аймаққа селдердің орын алу себептерінің белгілі бір статистикасы тән. Мақалада Қазақстан аумағындағы селдердің орын алу себептері сипатталған, сонымен қатар нақты уақыт режиміндегі селсіз қауіпсіздікті барынша үздіксіз бақылау және ескерту мүмкіндіктері бар селдердің алдын алу немесе салдарын барынша азайтудың әдістері келтірілген. Таулы жердегі (үйінді, мұздық, таулы) көлдердің деңгейін бақылау арнасынан асып кету уақытын есептеуге және қоршаған орта параметрлерінің қажетті өлшемдерінің жинақталуына негізделген алдын алу шараларын қабылдауға мүмкіндік береді. Алайда, осы объектілердің жағдайы мен күйін қадағалаудың қазіргі қажеттіліктері еліміздің таулы аудандарында жер үсті және ұялы байланыс жүйелерінің жетіспеушілігі мен қуат көзінің жоқтығымен қиындатылады. Мақалада ғарыштық байланыс технологияларын пайдалана отырып, морендік көлдердің жасай-күйін бақылау жүйесінің жұмыс істеу принципі көрсетілген. Морена көлдерінің күйін мониторингтеу жүйесінің негізгі компоненттері көрсетіліп, олар келіп түскен телеметрия және метеорологиялық деректердің көзі болып еспетелетін деректерді жинау мен тарату станциясы, сондай-ақ морена көлдерінің бұзылу ықтималды қауіпін зерттейтін деректерді бақылау және көрсетудің кіші жүйесі болып табылады. Әрбір кіші жүйенің негізгі функциялары және әрбір негізгі компоненттің шығыс ақпараттарының құрылымы мен сәтсіздік критерийлері сипатталған. Морена көлдерінің күйін бақылау жүйесіне ұқсас жүйелермен өзара байланыстыру және олардың үйлесімділігін қамтамасыз ету үшін техникалық шешімдер келтірілген.

Түйінді сөздер: морена көлдерін бақылау, морена көлдері, сел қауіпті объектілер, датчиктер, бақылау жүйелері

Мониторинг селевой опасности горных районов Казахстана является чрезвычайно актуальной задачей, поскольку по количеству селевых явлений, частоте и масштабам катастрофических последствий, вызванных селями, Казахстан лидирует среди других стран Центральной Азии и СНГ [1]. По данным МЧС РК [2] в зоне опасного влияния объектов хозяйствования расположено 2700 ледников, 596 моренных и ледниковых озер, 5650 селевых очагов, около 800 очагов лавинообразования, более 174 оползнеопасных участков, на селе-, лавино- и оползнеопасных участках г. Алматы, Алматинской, Восточно-Казахстанской, Жамбылской и Южно-Казахстанской областей, которые являются наиболее освоенными и густонаселенными районами, где проживает более 6 млн. человек.

При отступании ледников идет освобождение морен от льда и возникают дополнительные площади, где уже сейчас не только возникли предпосылки для появления новых прорывоопасных озер, но идет интенсивное формирование озерных котловин. Основными причинами прорыва высокогорных озер считаются: разрушение моренных перемычек в результате протаивания грунтов с формированием мощного водного потока по открытому каналу стока, прорыв по внутриморенным каналам стока через воронки, гроты с выходом водных потоков на поверхность на значительном расстоянии от озера.

В горных районах Казахстана максимальная опасность прорыва озер внутри одного года наступает в период максимального таяния ледников, предельного заполнения озер талыми водами, максимальными температу-

рами воздуха в высокогорной зоне. Наиболее катастрофические сели гляциального генезиса в горах Казахстана формировались в период 5 – 20 июля.

Существующая потребность в отслеживании поведения и состояния этих объектов для исключения селевых потоков либо минимизации их последствий осложнено отсутствием наземных и сотовых систем связи и отсутствием источника питания в горных местностях страны. Разрабатываемая система мониторинга состояния мореных озер предназначена выполнять следующие функции: измерение необходимых параметров состояния мореного озера с использованием соответствующих датчиков; передача данных с использованием спутниковых систем связи в случае отсутствия мобильных систем связи; прием и архивирование информации в центре обработки данных; сбор и обработка информации о состоянии мореных озер; информационное обеспечение автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора; уведомле-

ние о превышении пороговых значений показаний датчиков ответственных лиц.

Основными компонентами системы мониторинга состояния мореных озер являются станция сбора и передачи данных, которая является источником входных телеметрических и метеорологических данных, а также подсистема мониторинга и отображения данных, исследующая потенциальную опасность прорыва мореных озер. Станция сбора и передачи данных должна состоять из 2-х модулей аппаратно-программных устройств, такие как базовый модуль и периферийный модуль. Станция сбора и передачи данных обеспечивает измерение параметров наблюдаемого объекта с использованием датчиков, подключенных к периферийному модулю, автоматизированный сбор данных с датчиков в базовом модуле, и передачу данных с использованием спутниковых систем связи или мобильной сотовой связи. Структура системы мониторинга мореных озер представлена на рисунке 1.

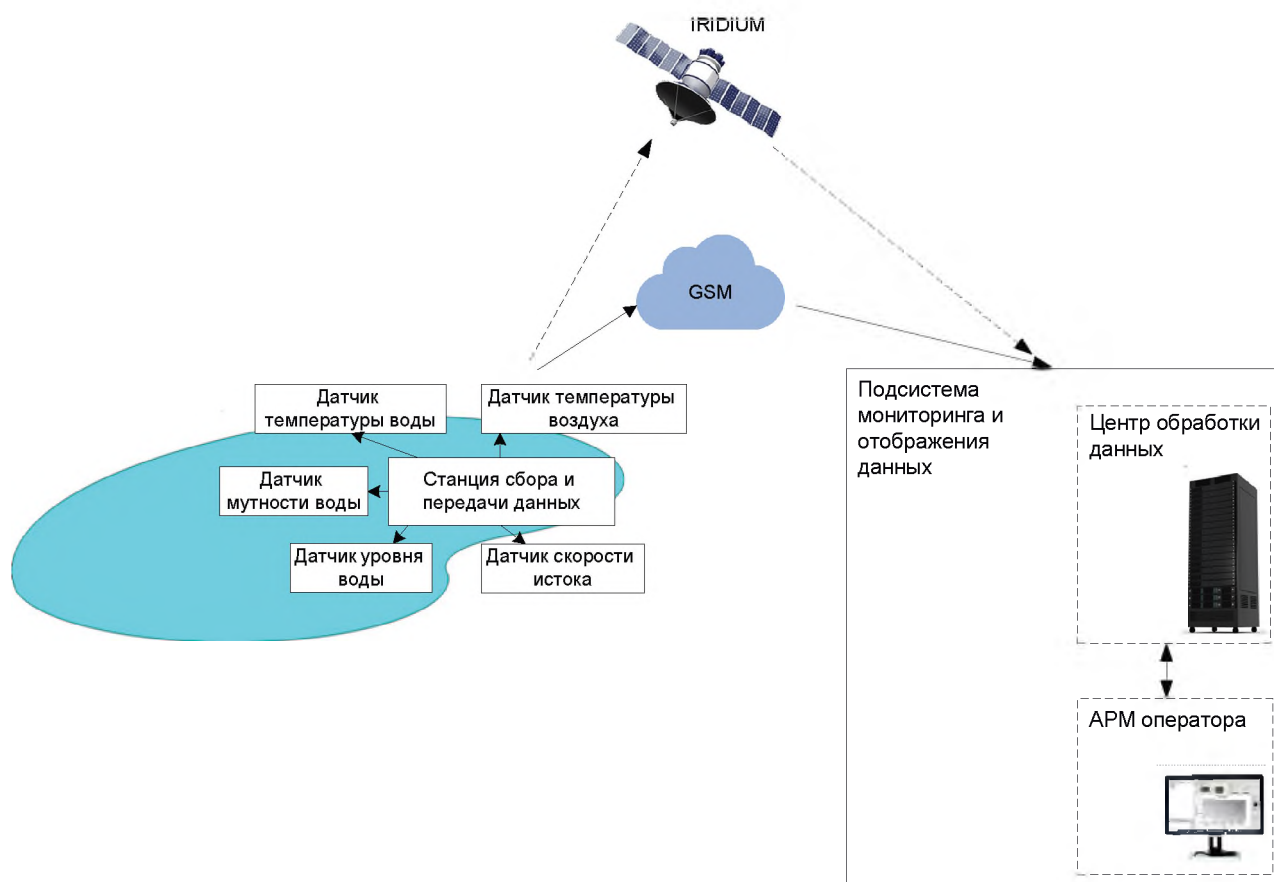


Рис. 1 – Структурная схема системы мониторинга состояния мореных озер с использованием космических технологий связи

Станция сбора и передачи данных должна состоять из 2-х модулей аппаратно-программных устройств, такие как базовый модуль и периферийный модуль. Базовый модуль станции сбора и передачи данных состоит из следующих комплектующих:

- Контроллер управления;
- Модуль мобильной сотовой связи GSM;
- Модуль мобильной спутниковой связи Iridium;
- Модуль глобальной навигационной спутниковой системы GPS/Глонасс;
- Карта памяти;
- Аккумулятор;
- Коммутатор питания.

Периферийный модуль станции сбора и передачи данных состоит из следующих комплектующих:

- Контроллер управления периферийным модулем;
- Датчик уровня воды;
- Датчик мутности воды;
- Датчик скорости истока;
- Датчик температуры воды;
- Датчик температуры воздуха.

В случае резкого роста значений параметров датчиков системы мониторинга состояния мореных озер увеличить частоту сбора и передачи данных. Датчики подключаются через специальные разъемы периферийного модуля станции сбора и передачи данных.

Станция сбора и передачи данных обеспечивает измерение параметров наблюдаемого объекта с использованием датчиков подключенных к периферийному модулю, автоматизированный сбор данных с датчиков в базовом модуле, и передачу данных с использованием спутниковых систем связи или мобильной сотовой связи. Периферийный модуль системы мониторинга состояния мореных озер должна разрабатываться с учетом возможности сопряжения станции сбора и передачи данных с различными типами датчиков. Станция сбора и передачи данных должна выполнять следующие функции:

- Измерение параметров наблюдаемого объекта с использованием датчиков;
- Сбор данных с датчиков;

- Хранение данных на карте памяти;
- Обеспечение электропитанием комплектующих станции сбора и передачи данных;
- Определение текущего времени и местоположения с использованием глобальной навигационной спутниковой системы GPS/Глонасс;
- Передача данных по каналам сотовой связи GSM;
- Передача данных по каналам мобильной спутниковой связи Iridium.

На выходе станции сбора и передачи данных должны передаваться текущие данные, структура которых имеет следующий вид: [Дата|Время|ID-станции|Координаты|Значения датчиков|Состояние блока питания|Контрольная сумма пакета данных]. Период передачи данных по умолчанию 1 раз в 30 минут. Частота передачи данных может увеличиться в случае достижения критических порогов основных параметров мониторинга. Возможна функция изменения конфигурации сбора и передачи данных в режиме сеанса связи по запросу оператора.

Критерием отказа станции сбора и передачи данных является отсутствие или ошибочный сбор данных от периферийного модуля в базовый модуль, и отсутствие отправки данных в подсистему мониторинга и отображения данных, а также поврежденная структура пакета данных (потеря целостности). Проверять на целостность при помощи CRC (Циклический избыточный код) при передаче пакетов на сервер.

Подсистема мониторинга и отображения данных должна состоять из 2-х модулей аппаратно-программных устройств: центр обработки данных и АРМ оператора. Подсистема мониторинга и отображения данных должна обеспечивать непрерывный и параллельный во времени прием данных о состоянии объектов наблюдения с станции сбора и передачи данных; обработка и архивирование данных в центре обработки данных; предоставление обработанных данных в АРМ оператора.

Подсистема мониторинга и отображения данных должна обеспечивать непрерывный и

параллельный во времени прием данных о состоянии мореных озер с станции сбора и передачи данных; обработка и архивирование данных в центре обработки данных; предоставление данных в АРМ оператора. Подсистема мониторинга и отображения данных состоит из двух частей, такие как центр обработки данных и АРМ оператора. Центр обработки данных состоит из следующих модулей:

- Модуль приема данных;
- Модуль архивации данных;
- Модуль обработки данных;
- Модуль управления.

Центр обработки данных должен выполнять следующие функции:

- Прием данных с станции сбора и передачи данных;
- Проверка и контроль качества данных;
- Архивирование полученных данных;
- Контроль состояния каждой станции;
- Обработка данных;
- Запросная выгрузка файлов данных;
- Удаление с архива устаревших данных;
- Формировать SOS-уведомления системы мониторинга состояния мореных озер путем звукового сопровождения и графических вставок на АРМ оператора, автоматическая отсылка тревожных сообщений по электронной почте и смс-уведомлению ответственных лиц;
- Управление конфигурацией режимов работы объектов автоматизации в режиме сеанса связи.

Критерием отказа является потеря или искажение (нарушение целостности) хранимых данных. Для снижения вероятности потери данных должно быть применено резервное копирование, т.е. дублированное хранение данных.

Автоматизированное рабочее место оператора предназначено для обеспечения визуального отображения текущих и исторических данных о состоянии объектов наблюдения оператору. АРМ оператора состоит из следующих модулей:

- Модуль авторизации пользователя;
- Модуль отображения показаний датчиков;

- Модуль генерирования отчетов;
- Модуль построения графиков.

АРМ оператора предназначен для обеспечения визуального отображения текущих и исторических данных о состоянии объектов наблюдения оператору. АРМ оператора должен выполнять следующие функции:

- Авторизация пользователя;
- Отображение текущих и исторических данных станций сбора и передачи данных в соответствии с доступом пользователя;
- Экспорт данных в табличный (excel) и текстовый (pdf) файлы;
- Отображать на карте местоположение станций сбора и передачи данных;
- Отображать SOS-уведомления системы мониторинга состояния мореных озер путем звукового сопровождения и графических вставок;
- Строить график показаний датчиков мониторинга;
- Запрос оператора в центр обработки данных на изменение конфигурации режимов работы станций сбора и передачи данных.

Критерием отказа АРМ оператора является некорректное представление данных и расчет кривых графика параметров мониторинга.

Также необходимо отметить, что система мониторинга состояния мореных озер обеспечивает возможность взаимодействия (информационного обмена) со следующими внешними системами:

- а) станциями в селеопасных зонах сторонней ведомственной принадлежности;
- б) данные от специальных служб (фактические осмотры, данные метеостанций).

Система мониторинга состояния мореных озер обеспечивает возможность масштабирования сети станций сбора и передачи данных за счет взаимодействия с станциями в селеопасных зонах сторонней ведомственной принадлежности. Нарращивание сети станций сбора и передачи данных осуществляется путем подключения станций в селеопасных зонах сторонней принадлежности к системе мониторинга состояния мореных озер посредством специального

программного обеспечения (СПО) и организации информационного обмена – сбора телеметрических, метеорологических и навигационных данных от станций сторонней принадлежности в дополнение к данным собственной сети станций. Необходимость сбора и контроля сигналов телеметрии, и управления режимами работы станций сторонней принадлежности обсуждается с владельцем (эксплуатантом) подключаемых станций.

Взаимодействие системы мониторинга состояния мореных озер с специальными службами (подведомственные организации Министерства чрезвычайных ситуаций, Казгидромет и т.д.) осуществляется на уровне

информационного обмена телеметрическими, метеорологическими и навигационными данными.

Эксплуатация разрабатываемой системы мониторинга состояния мореных озер с использованием космических технологий связи в режиме реального времени обеспечивает своевременное уведомление ответственных служб о селевой опасности для исключения прорыва мореных озер либо минимизации последствий селевых потоков. На сегодняшний день во всем мире наибольшую важность представляют мониторинг, прогнозирование и раннее оповещение о природных и техногенных катастрофах, а не ликвидация последствий стихийных бедствий [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Замай В.И. Проблемы мониторинга селевой опасности горных районов Казахстана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: –<http://xn----ptbgks9a.kz/opasnosti/sel/item/305-v-i-zamaj-problemy-monitoringa-selevoj-opasnosti-gornyx-rajonov-kazakhstana> - Дата доступа 05.01.2017
2. Материалы из «Плана подготовленности Казахстана к природным катастрофам» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – <http://xn----ptbgks9a.kz/opasnosti/obshchie-svedeniya/item/10-materialy-iz-plana-podgotovlennosti-kazakhstana-k-prirodnym-katastrofam> – Дата доступа 05.01.2017
3. Снижение риска бедствий в ЦА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – http://www.unisdr.org/files/12803_DRRinCAIrus.pdf – Дата доступа 05.01.2017