



Система противоселевых мероприятий в Заилийском Алатау

А.Р. Медеу¹, В.П. Благовещенский¹, С.У. Ранова¹, Н.Е. Касаткин¹, М.К. Касенов²,
Ж.Т. Раймбекова³

¹АО «Институт географии и водной безопасности» МОН РК, Алматы, Казахстан, ingeo_2009@mail.ru, victor.blagov@mail.ru, sandu2004@mail.ru, kastkinne@mail.ru

²ГУ «Казселезащита» КЧС МВД РК, Алматы, Казахстан, kasenov-1968@mail.ru

³Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан, t58ray@mail.ru

Аннотация. Система противоселевых мероприятий в Заилийском Алатау включает в себя: оценку и картографирование селевой опасности и селевого риска, превентивное опорожнение прорывоопасных озер, мониторинг и раннее предупреждение о селевой опасности, строительство селезащитных сооружений. На картах селевой опасности показаны границы распространения селей разной мощности и повторяемости. Карты селевого риска составлялись отдельно для социального, экономического и экологического рисков. На картах, построенных по результатам расчетов среднего годового ущерба от селей, показаны участки с низким, умеренным и высоким уровнями риска. Превентивное опорожнение озер проводится с 1964 г. За весь период работы выполнены более чем на 20 озерах. В последние годы проводится регулярное опорожнение семи моренных озер. Опорожнение озер проводится прокладкой поверхностных каналов стока и откачкой воды насосами и сифонами. При работах используются мини-бульдозеры и мини-экскаваторы. Мониторинг и раннее предупреждение о селях включает в себя: 30 автоматических станций мониторинга (8 станций на моренных озерах, 6 станций в селевых очагах, 9 станций в селевых руслах, 5 станции на селезащитных дамбах), два диспетчерских пункта. Развертывание сети мониторинга будет завершено в 2020 году. Для защиты от селевых потоков построены две селенаправляющие дамбы и 14 селезадерживающих дамб. В двух селевых руслах установлены тросово-сетчатые барьеры. Намечено строительство еще двух сплошных селезадерживающих дамб.

Ключевые слова: мониторинг и раннее предупреждение селей, опорожнение моренных озер, оценка и картографирование селевой опасности и селевого риска, противоселевые мероприятия, селезащитные сооружения

Ссылка для цитирования: Медеу А.Р., Благовещенский В.П., Ранова С.У., Касаткин Н.Е., Касенов М.К., Раймбекова Ж.Т. Система противоселевых мероприятий в Заилийском Алатау. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 6-й Международной конференции (Душанбе–Хорог, Таджикистан). Том 1. – Отв. ред. С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева. – Душанбе: ООО «Промоушн», 2020, с. 39–48.

System of the debris flow protection in the Zailiyskiy Alatau range

A.R. Medeu¹, V.P. Blagovechshenskiy¹, S.U. Ranova¹, N.E. Kasatkin¹, M.K. Kasenov²,
Zh.T. Raymbekova³

¹JSC “Institute of Geography and Water Safety” MES RK, Almaty, Kazakhstan, ingeo_2009@mail.ru, victor.blagov@mail.ru, sandu2004@mail.ru, kastkinne@mail.ru

²SI “Kazselesashchita” CES MI RK, Almaty, Kazakhstan, kasenov-1968@mail.ru

³Al-Faraby Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, t58ray@mail.ru

Abstract. The system of anti-mudflow measures in Zailiyskiy Alatau includes: assessment and mapping of mudflow hazard and mudflow risk, preventive emptying of moraine lakes,

monitoring and early warning of mudflow hazard, construction of mudflow protection dams. The mudflow hazard maps show the borders of mudflows with different power and frequency. Mudflow risk maps were compiled separately for social, economic and environmental risks. Maps based on the results of the average annual damage from mudflows show areas with low, moderate and high-risk levels. Preventive emptying of lakes has been carried out since 1964. Over the entire period of work, emptying has been done on more than 20 lakes. In recent years, seven moraine lakes have been regularly emptied. Lakes are emptied by laying surface runoff channels and pumping water with pumps and siphons. During the work, mini-bulldozers and mini-excavators are used. Monitoring and early warning of mudflows includes: 30 automatic monitoring stations (8 stations on moraine lakes, 6 stations in mudflow formation sites, 9 stations in mudflow channels, 5 stations on mudflow dams), and two control centers. The deployment of the monitoring network will be completed in 2020. To protect against mudflows 14 dams were built. In two mudflow channels, cable-mesh barriers are installed. It is planned to build two new dams.

Key words: *monitoring and early warning of mudflows, emptying of moraine lakes, assessment and mapping of mudflow hazard and mudflow risk, mudflow protection measures, mudflow protection dams.*

Cite this article: Medeu A.R., Blagovechshenskiy V.P., Ranova S.U., Kasatkin N.E., Kasenov M.K., Raymbekova Zh.T. System of the debris flow protection in the Zailiyskiy Alatau range. In: Chernomorets S.S., Viskhadzhiyeva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 6th International Conference (Dushanbe–Khorog, Tajikistan). Volume 1. Dushanbe: “Promotion” LLC, 2020, p. 39–48.

Введение

Заилийский Алатау является одним из самых селеопасных горных районов Казахстана. Объемы селей могут достигать нескольких миллионов м³. В то же время этот район отличается высоким социально-экономическим развитием. На селевых конусах выноса северного склона Заилийского Алатау расположена крупная городская агломерация с центром в городе Алматы с населением более 2,5 млн человек. Селевые потоки представляют большую угрозу для населения и экономики района. Селевые катастрофы с многочисленными жертвами и большим материальным ущербом происходили в 1921, 1963 и 1973 годах [Medeu et al., 2019]. Поэтому задача защиты от селей является очень актуальной.

Систематические научные исследования селей в Заилийском Алатау проводятся с 1950-х годов, когда в гидрометеорологической службе была создана селевая партия и научно-исследовательский институт (КазНИГМИ). Исследования селей проводились «Казселезащитой», а также в Институте географии и Институте геологических наук АН КазССР. «Казселезащита» была создана в 1973 г. специально для обеспечения защиты от селей.

На Чемолганском полигоне проведена серия уникальных полномасштабных экспериментов по моделированию селей. Прошли успешные испытания радиооповестителей селей, которые можно считать прообразом системы раннего оповещения. Были разработаны методы прогноза ливневых и гляциальных селей, а также опорожнения прорывоопасных моренных озер [Безопасность..., 1998]. Материалы наблюдений за селевыми явлениями систематизированы в работе [Medeu и др., 2016], в которой приведены сведения более чем о 2000 селевых проявлениях. На селеопасные бассейны северного склона Заилийского Алатау составлены карты селевой опасности и селевого риска М 1: 350 000 и 1:100 000.

В статье рассматривается современное состояние системы противоселевых мероприятий. В настоящее время система защиты от селей в Заилийском Алатау включает в себя следующие мероприятия:

- оценка и картографирование селевой опасности и селевого риска,

- превентивное опорожнение прорывоопасных озер,
- строительство селезащитных сооружений.
- мониторинг и раннее предупреждение о селевой опасности.

Карты селевой опасности

В 2018–2019 годах Институтом географии по заданию Департамента по чрезвычайным ситуациям города Алматы были составлены карты селевой опасности и селевого риска М 1:25 000 на бассейны рек Киши и Улкен Алматы, Каргалы и Аксай. Карты составлены с использованием ГИС-технологий по материалам многолетних наблюдений, полевых исследований и дешифрирования космических снимков.

На картах селевой опасности показаны пути движения и границы распространения селей различных объемов и повторяемости. По объемам сели разделены на 4 категории: очень крупные с объемом более 1 млн м³, крупные с объемом от 100 тыс. до 1 млн м³, средние с объемом от 10 до 100 тыс. м³ мелкие с объемом менее 10 тыс. м³. По повторяемости сели разделены на три градации: частая с повторяемостью чаще 1 раза в 50 лет, редкая с повторяемостью от 1 раза в 50 лет до 1 раза в 100 лет, очень редкая с повторяемостью реже 1 раза в 100 лет.

Буквами обозначены генетический тип (гляциальный или дождевой) и состав селей (грязекаменный, грязевый, наносоводный).

На карте обозначены прорывоопасные моренные озера с объемом воды от 10 до 100 и более 100 тыс. м³, которые могут быть источниками формирования крупных прорывных гляциальных селей.

На картах также показаны крупные эрозионные врезы в рыхлообломочных отложениях, являющиеся очагами формирования дождевых и гляциальных селей, и селезащитные сооружения (останавливающие и направляющие дамбы, сквозные решетчатые дамбы и сетчатые барьеры).

Для объектов, расположенных в селеопасной зоне, показано расчетное время добегания селя от очага формирования до объекта.

Карты селевого риска

Селевой риск оценивался по трем категориям: социальный, экономический и экологический. Карты селевого риска составлялись на основе карт селевой опасности и перечня объектов, подверженных селевым воздействиям. В этом перечне указывались местоположение объекта, его тип (социальный, экономический, экологический), стоимость, частота воздействия селей и ущерб, наносимый селями при таких воздействиях.

Расчеты экономического риска выполнены для каждого объекта, подверженного воздействию селей. Средний годовой ущерб рассчитан с учетом стоимости объекта, вероятности воздействия селя, его разрушительной способности и устойчивости объекта к селевым воздействиям. Расчет ущерба и риска выполнен для каждого объекта. Общий риск по бассейну получается суммированием ущербов по всем объектам бассейна.

Зоны воздействия селей, выделенные на картах селевой опасности, были дифференцированы по трем уровням риска (низкий, умеренный, высокий), в зависимости от тяжести последствий селевых воздействий и их повторяемости. Тяжесть последствий оценивалась по величине возможного ущерба и уровню чрезвычайных ситуаций (локальный, объектовый, местный, региональный, глобальный) в зависимости от числа погибших и пострадавших людей и размеру материального ущерба, принятым в Комитете по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан. Повторяемость ЧС оценивалась по повторяемости селей. Для повторяемости были выделены четыре градации: очень редкая (реже 1 раза в 100 лет), редкая (1 раз в 20–100 лет), частая (1 раз в 20–50 лет) и очень частая (чаще 1 раза в 20 лет)

Низкий уровень риска принят для территорий, на которых объектовые ЧС повторяются реже 1 раза в 100 лет, а незначительные происшествия могут повторяться 1 раз в 50 лет. На этих территориях защитные мероприятия, как правило, не проводятся.

Умеренный риск присутствует на территориях, где местные ЧС повторяются реже 1 раза в 50 лет, а объектовые ЧС могут повторяться 1 раз в 20 лет. На этих территориях необходимо проводить защитные мероприятия, которые обычно сводятся к регулированию землепользования, мониторингу селевой опасности, превентивному опорожнению прорывоопасных озер, раннему предупреждению о сходе селя.

Высокий селевой риск устанавливается для территорий, на которых 1 раз в 50–100 лет могут возникать региональные и глобальные ЧС, 1 раз в 20–50 лет – местные ЧС и чаще 1 раза в 20 лет – объектовые ЧС и происшествия.

Опорожнение прорывоопасных озер

Большинство горных озер в Заилийском Алатау имеют гляциальное происхождение. Всего три озера являются завальными. Гляциальные озера образовались при отступании ледников. По времени образования они делятся на древние и современные [Катица и др., 2018]. Древние озера возникли после завершения последнего верхнечетвертичного оледенения, закончившегося примерно 10 тыс. лет назад. Современные ледниковые озера образуются при отступании ледников после Малого ледникового периода, длившегося с 13 по конец 19 веков [Severskiy et al., 2016]. Отступление ледников связано с глобальным потеплением климата. Особенно быстро ледники начали сокращаться с середины 20 столетия. В настоящее время они отступают со скоростью более 10 м в год [Кокарев и др., 2011].

Прорывоопасными являются только современные ледниковые озера. Прорыв древних моренных и завальных озер возможен только при переполнении их в результате схода селя или вытеснения воды вследствие горного обвала или подвижки ледника [Bolch et al., 2011; Hubbard et al., 2005]. Прорывоопасность современных ледниковых озер обусловлена тем, что их плотины сложены погребенными льдами. Таяние этих льдов приводит к поверхностному или подземному прорыву озер и формированию гляциальных селей. Объем селя может превышать объем прорывного паводка в 10, а иногда в 20 раз. Наиболее часто прорывы озер наблюдались во второй половине 20 века. До 1950-х годов специалистами отрицалась сама возможность формирования в Заилийском Алатау гляциальных селей. Первый крупный гляциальный сель отмечен в 1956 г. С тех пор в период до 1993 г. в Заилийском Алатау произошло семь гляциальных селей объемом более миллиона м³, которые сопровождались человеческими жертвами или крупным материальным ущербом [Medeu и др., 2016; Medeu, et al., 2019].

Количество прорывоопасных озер и их размеры постоянно меняются. От момента возникновения ледникового озера до достижения им опасного размера может пройти всего 20 лет. Некоторые озера исчезают в результате опорожнения по подземным каналам стока без формирования селей. Часть озер осушаются в зимний период и снова наполняются летом. Поэтому необходим постоянный мониторинг состояния ледниковых озер. Работы по составлению кадастра озер проводятся совместно Институтом географии и Казселезащитой. В настоящее время на северном склоне Заилийского Алатау насчитывается 22 прорывоопасных ледниковых озера объемом от 25 тыс. до 1,1 млн м³. [Катица и др., 2018].

Для предотвращения прорывных гляциальных селей в мировой практике широко используется искусственное опорожнение моренных озер. Этот метод применяется в Казахстане с 1964 года [Безопасность..., 1998]. В Заилийском Алатау Казселезащита провела опорожнение около 30 прорывоопасных озёр. Такие работы проводятся на озерах объемом более 100 тыс. м³, если их прорыв может привести к формированию селя, способного нанести значительный ущерб. Снижение объема озера до безопасного размера осуществляется прокладкой поверхностного канала, а также откачкой воды насосами и сифонами (рис. 1). Особенно активно эти работы ведут с 2016 г. В настоящее время проводится опорожнение восьми озёр. Для откачки воды используют насосы,

смонтированные на плавучих платформах, и сифоны диаметром 200 мм. Поверхностные каналы прокладываются с использованием мини-экскаваторов и мини-бульдозеров. Техника доставляется на место работ вертолётами.

В 2019 г. в результате превентивного опорожнения удалось предотвратить прорыв моренного озера под ледником Каргалы в одноименном бассейне. Это озеро уже прорывалось по подземному каналу в 2015 г, что привело к формированию села объёмом 150 тыс. м³. Сель был остановлен на выходе из гор защитной дамбой. В 2019 г. озеро вновь начало наполняться. Уровень воды поднимался со скоростью около 10 см в день. К середине июня объём озера достиг 77,2 тыс. м³, а уровень поднялся до гребня озёрной перемычки. Чтобы не допустить прорывы озера, были предприняты работы по снижению его уровня. Откачку воды через озёрную перемычку вели шестью насосами производительностью 360 л/с, установленными на плавучих платформах (рис. 7), и сифоном диаметром 200 мм. Кроме того, экскаватором был прорыт эвакуационный канал глубиной 2,5 м. За период с 6 июня по 13 августа из озера было сброшено 1,6 млн м³ воды. В результате уровень воды в озере был понижен на 3,7 м. Объём озера при этом уменьшился на 42 тыс. м³. 14 августа озеро все-таки прорвалось, но из-за невысокого давления воды в подземном канале расход прорывного паводка не превышал 4 м³/с. Примерно с таким же расходом наносоводный паводок пришёл в селехранилище перед защитной дамбой, где он и остановился.

В 2019 г. превентивное опорожнение проводилось ещё на шести озёрах Заилийского Алатау. Во время этих работ было сброшено 4,6 млн м³ воды.



Рис. 1. Работы по превентивному опорожнению моренных озёр. а – батиметрическая съёмка с использованием эхолота и GPS-навигатора, б – прокладка поверхностного канала с использованием экскаватора и бульдозера, в – насос для откачки воды насосами, смонтированными на плавучей платформе, г – сброс воды сифоном

Fig. 1. Moraine lakes preventive emptying. а – bathymetric survey using an echo sounder and a GPS navigator, б – laying of a surface channel using an excavator and a bulldozer, в – a pump mounted on a floating platform, г – discharge of water by a siphon

Селезащитные сооружения

Первая селезащитная дамба в Заилийском Алатау была построена в начале 1950-х годов в средней части долины реки Улкен Алматы (рис. 2а). Она отводила селевые потоки, выходявшие из долины р. Кумбелсу, от зданий гидроэлектростанции. Дамба успешно защитила ГЭС от нескольких крупных селей, объемом более 1 млн м³.

После крупной селевой катастрофы в 1963 г. на озере Есик было принято решение о строительстве селезадерживающей дамбы в долине реки Киши Алматы в урочище Медеу. Проект был разработан Казахским филиалом института «Гидропроект». Авторы проекта – Г. Шаповалов и Ю. Зиневич. При строительстве плотины было сделано два направленных взрыва. Плотина была сдана в эксплуатацию в 1972 г. Ее высота составляла 107 м, а объем селехранилища – 6,2 млн м³. Уже через год плотине пришлось выдержать серьезный экзамен. Она задержала селя объемом 5,3 млн м³. Плотина выстояла, но в селехранилище почти не осталось свободного объема для задержания новых селей. Поэтому высоту плотины пришлось увеличить до 150 м. В настоящее время она способно задержать 12,6 млн м³ селевой массы.

В 1958–1966 гг. в бассейне р. Киши Алматы построены четыре сквозных металлических селеуловителей: три решетчатых в русле Киши Алматы (один выше и два ниже урочища Медеу) и один тросово-сетчатый в русле р. Сарысай, а также сплошная габионная плотина в урочище Мынжылкы.

Габионная плотина в урочище Мынжылкы на высоте 3000 м была рассчитана на задержание селя объемом 35 тыс. м³. Она выстояла только 5 минут и была размыта до основания. На этом же месте к 1983 г. была построена новая насыпная плотина высотой 17 м с емкостью селехранилища 230 тыс. м³. В 2019 г. высота плотины была увеличена надо 26 м, а емкость селехранилища – до 1 млн м³.

Всего в Заилийском Алатау построено 14 селезащитных плотин различной конструкции: сплошные каменные и железобетонные, а также сквозные железобетонные и стальные (таблица 1, рис. 2). Они защитили г. Алматы в 1973 г., г. Талгар – в 1993 г. и поселок. Карагайлы – в 2015 г.

Таблица 1. Селезащитные плотины в Заилийском Алатау

Table 1. Debris flow protection dams in Zailiyskiy Alatau

Долина реки	Тип плотины	Высота, м	Ёмкость селехранилища, млн м ³
Есик	Сквозная железобетонная	13	1,5
Есик	Сплошная каменная	48	12,8
Кайназар	Сплошная железобетонная	8,6	0,267
Кайназар	Сквозная железобетонная	5,5	0,144
Рахат	Сквозная железобетонная	5,5	0,107
Талгар	Сплошная каменная	45	8,5
Киши Алматы «Мынжылкы»	Сплошная каменная	23	1,0
Киши Алматы «Сарысай»	Сплошная железобетонная	8	0,1
Киши Алматы «Медеу»	Сплошная каменная	150	12,6
Киши Алматы «Лесничество»	Сквозная стальная	6	0,1
Улкен Алматы	Сплошная железобетонная	40	14,5
Каргалы	Сплошная железобетонная	28,8	1,2
Каскелен	Сквозная железобетонная	19,8	2,2
Узынкаргалы	Сплошная каменная	34	1,46



Рис. 2. Селезащитные сооружения в Заилийском Алатау. а – селенаправляющая железобетонная дамба на р. Улкен Алматы, б – селеостанавливающая сплошная железобетонная дамба на р. Каргалы, в – селеостанавливающая сплошная каменная дамба на р. Талгар, г – селеостанавливающая решетчатая железобетонная дамба на р. Каскелен, д – сквозная решетчатая стальная плотина дамба на р. Киши Алматы, е – селезадерживающий стальной тросово-сетчатый барьер на р. Беделбай

Fig. 2. Mudflow protection structures in Zailiysky Alatau. а – deflecting reinforced concrete dam on the Ulken Almaty river, б – stopping reinforced concrete dam on the Kargaly river, в – stopping stone dam on the Talgar river, г – stopping reinforced concrete grid dam on the Kaskelen river, д – steel grid dam on the Kishi Almaty river, е – steel wire rope-mesh barrier on the Bedelbay river

На притоках р. Киши Алматы реках Беделбай и Батарейка ниже Медеу, по которым прошли дождевые сели в 1999 г., в 2014 г. построены каскады из гибких металлических тросово-сетчатых барьеров (6 барьеров в русле р. Беделбай и 3 барьера в русле р. Батарейка) (см. рис. 2е).

В настоящее время планируется построить еще две плотины: одну в долине р. Аксай с селехранилищем объемом 4,356 млн м³ и одну в долине р. Улкен Алматы с селехранилищем объемом 2,3 млн м³.

Сплошные селезадерживающие плотины – наиболее надёжное средство защиты от селей (см. рис. 2б, в). Однако в процессе эксплуатации был установлен один существенный их недостаток – они не предотвращают формирование вторичных селей, возникающих при прохождении постселевых паводков ниже плотин. Чтобы такого не случилось, необходимо оборудовать плотины регулируемыми шлюзами.

Сквозные плотины не всегда выполняют свою защитную роль. Две небольшие железобетонные сквозные плотины, установленные в руслах рек Кокшека и Акжар, где часто проходят мелкие сели, были уже через несколько лет занесены селевыми отложениями. Новые сели проходили беспрепятственно поверх этих плотин. Металлическая сквозная плотина в русле реки Киши Алматы была сметена мощным селом 1973 г. Тросово-сетчатый барьер в русле р. Сарысай был легко разорван первым же, сравнительно небольшим селом, прошедшим по руслу Сарысай в 2013 г.

Автоматизированный мониторинг и раннее предупреждение о селевой опасности

Мониторинг и раннее предупреждение природных опасностей является одним из наиболее эффективных мероприятий по снижению риска стихийных бедствий. На Сендайской конференции ООН в 2015 г. это направление было обозначено в числе главных приоритетов.

В Казахстане еще в 1970-е годы устанавливались радиооповестители селей, подававшие сигнал при прохождении селя на диспетчерский пункт Казселезащиты. Они успешно сработали при прохождении селя 1977 г. по реке Улкен Алматы, что позволило рассчитать скорость движения селя на нескольких отрезках пути. Эти устройства использовались также для определения скорости селей во время экспериментальных пусков селей на Чемолганском полигоне. К сожалению, после 1990 г. работы по этому направлению прекратились.

В 2016 г. в связи с расширением территории г. Алматы встал вопрос о модернизации системы защиты от селей. Среди прочих мероприятий по инициативе Института географии было решено организовать автоматизированный мониторинг и раннее предупреждение о селевой опасности. В 2017 г. по заданию Департамента по чрезвычайным ситуациям г. Алматы Институт географии разработал концепцию такого мониторинга [Медев и др., 2018]. В 2019 г. была разработана проектно-сметная документация, а в 2019 г. началось развёртывание сети автоматизированного мониторинга селевой опасности на реках Киши Алматы, Улкен Алматы, Каргалы и Аксай, по которым сходят сели, угрожающие г. Алматы.

В эту сеть входят автоматические станции мониторинга на восьми моренных озёрах, шесть станций – в очагах формирования дождевых селей, десять станций – в селевых руслах и пять станций – на селезащитных дамбах. На станциях, расположенных на моренных озерах, измеряются температура воздуха и осадки, уровень и температура воды в озере, уровень воды в канале стока из озера, температура и влажность грунта в озерной перемычке на глубине до 3 м. На очаговых станциях измеряются температура воздуха и осадки, уровень воды в селевом русле, температура и влажность грунта в селевом очаге на глубине до 3 м. На станциях в селевых руслах измеряются температура воздуха и осадки и уровень воды в селевом русле. На станциях, расположенных на противоселевых дамбах, измеряются температура воздуха и осадки, уровень воды в селехранилище и в русле ниже плотины. Все станции снабжены датчиками схода селя и видеокамерами. Энергоснабжение станций осуществляется от солнечных панелей. Данные со станций мониторинга по сотовой или спутниковой связи передаются на два диспетчерских пункта, расположенные в Департаменте по чрезвычайным ситуациям (ДЧС) г. Алматы и в «Казселезащите». Решение о включении системы раннего предупреждения принимается специалистами «Казселезащиты» и осуществляется оперативным дежурным ДЧС.

Измерение параметров и передача данных могут осуществляться в трех режимах: дежурном, тревожном и аварийном. Дежурный режим предусмотрен при отсутствии угрозы схода селей. В этом режиме измерения происходят через 4 часа. Тревожный режим включается, когда возникают предпосылки для формирования селей (сильные осадки или высокая температура воздуха). В этом режиме измерения происходят ежечасно. Аварийный режим включается при начале процесса селеформирования (прорыв озера, резкий подъем уровня воды в селевом русле). В этом режиме интервал измерений уменьшается до одной минуты.

Данные с автоматических станций будут поступать на диспетчерские пункты «Казселезащиты» и Департамента по чрезвычайным ситуациям г. Алматы (рис. 3). Работы будут завершены в 2020 г. В дальнейшем автоматизированный мониторинг селевой опасности будет развернут во всех селеопасных долинах Заилийского Алатау.



Рис. 3. Видеостена со станциями автоматизированного мониторинга селевой опасности в ситуационном зале Департамента по чрезвычайным ситуациям г. Алматы

Fig. 3. Video wall with automated monitoring stations in the situation room of the Department of Emergency Situations of Almaty

Заключение

Создание в Казахстане в 1973 г. Казселезащиты как специализированной государственной структуры для борьбы с селями обеспечило высокий уровень организации защитных мероприятий. Большие успехи достигнуты в изучении природы селевых потоков, оценке и картографировании селевой опасности, прогнозах селей, превентивном опорожнении прорывоопасных озер, проектировании и строительстве селезащитных сооружений.

В настоящее время проводится модернизация системы противоселевой защиты в Заилийском Алатау, основы которой были сформированы во второй половине 20 столетия. Составляются цифровые карты селевой опасности и селевого риска, совершенствуются технологии опорожнения озер, устанавливаются системы автоматизированного мониторинга и раннего оповещения о селевой опасности, строятся новые селезащитные дамбы.

Установлено, что сквозные селезадерживающие дамбы не всегда выполняют свои защитные функции. Их применение надо проводить с большой осторожностью. Наиболее надежным средством защиты от селей остаются сплошные селеостанавливающие дамбы, но при их проектировании необходимо предусматривать возможность регулирования расходов постселевого паводка, чтобы исключить формирование селей в русле реки ниже плотины.

В системе автоматизированного мониторинга и раннего предупреждения решение об объявлении чрезвычайной ситуации должны принимать специалисты на основе своевременной полной и достоверной информации, поступающей с автоматических станций наблюдения.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан по проекту «Селебезопасность Республики Казахстан» № AP05132214.

Список литературы

- Безопасность и контроль гляциальных селей в Казахстане. Алматы: Ғылым, 1998. 102 с.
- Капица В.П., Усманова З.С., Северский И.В., Благовещенский В.П., Касаткин Н.Е., Шахгеданова М.В. Ледниковые озера Иле (Заилийского) Алатау: состояние, современные изменения, вероятные риски // Геориск. 2018. № 3. С. 68–78.
- Кокарев А.Л., Шестерова И.Н. Изменение ледниковых систем северного склона Заилийского Алатау во второй половине XX и начале XXI вв. // Лед и Снег. 2011. № 4 (116). С. 39-46.
- Медеу А.Р., Баймолдаев Т.А., Киренская Т.Л. Селевые явления Юго-Восточного Казахстана: Антология селевых явлений и их исследования. Алматы: Наука, 2016. 575 с.
- Медеу А.Р., Благовещенский В.П., Ранова С.У., Степанов Б.С., Аскарлова М.А. Концепция проектируемого мониторинга селевой опасности в Иле Алатау // Геориск. 2018. № 3. С. 16–22.
- Bolch T., Peters J., Yegorov A., Pradhan B., Buchroithner M., and Blagoveshchensky V. Identification of potentially dangerous glacial lakes in the northern Tien Shan // Natural Hazards. 2011. № 59 (3). P. 1691–1714.
- Hubbard B., Heald A., Reynolds J.M., Quincey D.J., Richardson S.D., Zapata M., Santillan N., Hambrey M.J. Impact of a rock avalanche on a moraine-dammed proglacial lake: Laguna Safuna Alta, Cordillera Blanca, Peru. Earth Surface Processes and Landforms. 2005. № 30. P. 1251–1264.
- Medeu A.R., Blagoveshchenskiy V.P., Gulyayeva T.S., Ranova S.U. Debris Flow Activity in Trans-Ili Alatau in 20th – Early 21st Centuries // Geogr. Nat. Resour. 2019. № 40. P. 292–298. <https://doi.org/10.1134/S1875372819030120>.
- Severskiy I., Vilesov E., Armstrong R., Kokarev A., Kogutenko L., Usmanova Z., Morozova V., Raup B. Changes in glaciation of the Balkhash–Alakol basin, Central Asia, over recent decades // Annals of Glaciology. 2016. V. 57. № 71. P. 382–394. doi: 10.3189/2016AoG71A575.