

<https://doi.org/10.51301/ejsu.2023.i2.04>

Study of the hydrogeological, engineering-geological and hydrological regime of the Kaiyndy Lake basin for an emergency spillway from Kaiyndy Lake

M.M. Zapparov¹, M.K. Kasenov², E.S. Auelkhan¹, M.M. Alzhigitova^{1*}, D.T. Turapbai¹

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²"Kazselezashchita" of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author: m.alzhigitova@satbayev.university

Abstract. This article provides information on the stability of the natural dam of Lake Kaiyndy in the study area. Lake Kaiyndy is located in the middle part of the basin and is fed by melted snow and rainwater. The flow of water from the lake is carried out by the surface. The lake belongs to the high category of mudflow hazard. During the technogenic development of this territory, one should consider the negative impact of the additional load on the stability of the sides of the canyon and not expand the development of the territory towards the river. In the event of a lake outburst, the road bridge of the village of Zhalanash - the village of Saty, residential buildings and farmland of the village of Algabas and Zhanatalap of the Kegen district, the village of Shelek, the village of Masak, the village of Baiseit, the village of Malybay, with Zhanasharua of the Enbekshikazakh district and the Bartogay reservoir of the Almaty region, road bridges, power lines. The total number of people in the risk zone is more than 2-3 thousand people. Also, the Kuldzhinsky Trakt highways, the Western China-Western Europe auto-ban, irrigation systems, the waterworks of the Kunaev BAC and other linear communications fall into the zone of influence. Lake Kaiyndy is a place of mass visits by tourists and vacationers. In summer, the number of people at risk can reach several hundred.

Keywords: stability, dam, melt water, wedging out, mudflow, emptying, channel, landslide, dammed lake, alluvial mudflow, soils.

1. Введение

Озеро Кайынды расположен на правой стороне бассейна реки Шелек на высоте 1850 м (длина-420 м, ср. ширина-110 м). Озеро питается за счет таяния снегов и поступления талых снеговых вод. Сток воды производится поверхностным путем. Фотографии озера Кайынды показано на рисунках 1.

В 1983 г. в результате катастрофического опорожнения завального озера Кайынды прошёл наносоводный сель, которой нанес значительный ущерб хозяйственным объектам [14].

В случае прорыва озера в зону селевого риска попадают автодорожный мост с.Жаланаш - с.Саты, жилые дома и сельхозугодия села Алгабас и Жанаталап Кегенского района, с.Шелек, с.Масак, с. Байсеит, с.Малыбай, с.Жанашаруа Енбекшиказахского района и Бартогайское водохранилище Алматинской области, автодорожные мосты, линия электропередач. Общее количество населения в зоне риска более 2-3 тысяч человек. Также, в зону воздействия попадают автодороги «Кульджинский тракт», автобан западный Китай – Западная Европа, ирригационные системы, гидроузлы БАКа им.Кунаева и другие линейные коммуникации.

Бассейн реки Шелек занимает юго-восточную часть хребта Иле Алатау и северо-восточную часть хребта Кунгей Алатау. Река имеет длину 245 км, площадь бассейна 4980 км². Климат здесь резко континентальный с

большими суточными и годовыми амплитудами температуры воздуха.

Река Шелек берет свое начало у ледника Жангарык в пределах абсолютной отметки 4300 м. Вниз по течению принимает ряд притоков. Русло реки умеренно извилистое, сложено валунными и галечниковыми грунтами с песчано-гравийным заполнителем. Здесь наблюдаются самые значительные опасные геологические процессы в сравнении с близ расположенными бассейнами рек.

Катастрофические землетрясения 1887, 1 июля 1889 (10 баллов, Чиликское) и 1911 годов оставили свои грандиозные следы в виде громадных оползней и обвалов. Которые создали красивейшие завальные озера, преградив горные реки. На территории исследуемого участка в конце XIX века произошли ряд крупных землетрясений, после которых на данной территории появились опасные зоны с потенциальным риском развития оползневых процессов.

Основные параметры землетрясения: эпицентральная зона землетрясения охватывает восточные части хребтов Иле и Кунгей Алатау и простирается от реки Или до северо-восточного побережья озера Иссык-Куль. После землетрясения образовались трещины, много громадных осыпей и обвалов в горах и ущельях. 21 июня 1938 г. на устье реки Большой Кемин произошло Кемино-Чуйское катастрофическое землетрясение в юго-западных районах области оно проявлялась с силой 7-8 баллов (в Алматы 6 баллов).



I



II

Рисунок 1. Фотоматериалы завального озера «Кайынды» Государственного Национального природного парка «Кольсайские озёра» Алматинской области (I, II)

В период до 1970 года после этого землетрясения в Алматинской зоне наступило сейсмическое затишье, и с 1970 г. вновь активизировалась Алматинская зона: Сарыкамьшское 5 июня 1970 г. (в Кегенском районе — до 6 баллов), Торайгырское 12 февраля 1975 г. (в Чиликском районе - до 6 баллов) и ряд других ощутимых подземных толчков. 25 марта 1978 г. с эпицентром в районе восточного погружения хребта Кунгей Алатау произошло Жаланашское землетрясение. После Кеминской катастрофы 1911 г. это крупнейшее в этой зоне. Сила сотрясения в Кегенском районе достигала 8 баллов, принесший огромный материальный ущерб.

12 ноября 1990 г. зафиксировано очередное сильное землетрясение в Алматинской зоне - Байсорунское землетрясение. Его сила в Кегенском районе достигла 8 баллов. Этим землетрясением завершился очередной этап активизации сейсмической деятельности на территории Алматинской зоны. Зоны распространения землетрясения показана на рисунке 2. На указанной карте можно заметить, что в период вышеуказанной времени сейсмическая активность близ озера Кольсай составляла 8-9 баллов. В связи с этим, образовались оползни и потенциальные участки обвалов и оползневых процессов.

Озеро Кайынды является местом массового посещения туристов и отдыхающих. В летнее время число людей в зоне риска может достигать несколько сотен.

Река Кайынды является правым притоком реки Шелек. Длина реки составляет 21 км. Площадь бассейна ориентировочно 55 км². Ледников в бассейне реки Кайынды нет.

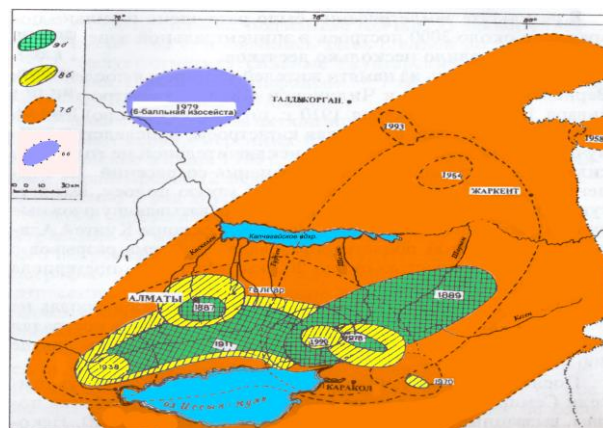


Рисунок 2. Карта-схема сильных землетрясений в Алматинской области

Озеро Кайынды расположено в средней части бассейна и в 12 км от места впадения в реку Шелек. До прорыва озера 1983 года параметры озера составляли: длина 720 метров, ширина 150 метров, максимальная глубина 31.6 метра. Озеро питается за счет поступления талых снеговых и дождевых вод. Сток воды из озера осуществляется поверхностным путем. Расход воды на момент обследования составлял ориентировочно 0.5-0.6 м³/с. Температура воздуха составляла 12°С [5].

По результатам изучения фондовой литературы и дешифрирования современных космоснимков установлено, что дамба, сформировавшая озеро, имеет завально-тектоническое происхождение.

Русло реки было завалено грунтами тела оползня-потока (оползнь течения), активизацию которого спровоцировало Кеминское землетрясение силой 10...11 баллов, произошедшее 11 января 1911 г. Магнитуда землетрясения составила ≈ 8.

Оползневые массы сорвались с при водораздельной линии правобережного притока реки Кайынды, перегородили не только русло реки Кайынды, но и своим фронтальным валом закрыли устьевую часть русла левобережного притока реки Кайынды. В пределах зоны перекрытия в приточном ущелье сформировалось ещё два озера (Малые Кайынды) меньшего масштаба (рисунки 3-4).

Поверхностного стока из нижележащего озера нет. Вода фильтруется через грунты естественного завала и подземный сток формируется в долину реки Кайынды. Отмечен факт, что вдоль левого борта долины реки Кайынды, в пределах продолжения осевой линии тальвега этого притока, зон выклинивания родников не выявлено, то есть фильтрующаяся вода питает подрусловый поток.

Современные гравитационные образования (grQIV), сформировавшие дамбу озера Кайынды, литологически представлены преимущественно щебенистыми грунтами с песчано-супесчаным, реже, суглинистым заполнителем в пределах от 3.5 до 35.6%, при среднем значении 15.9%. Содержание глыб (фракции > 200 мм) изменяется в пределах 0.6...28.9%, при среднем значении 9.4%, при этом, содержание глыб размером 300...500 мм изменяется в пределах 0.6...15.2%, при среднем значении 3.8%. Размещение глыб в общей массе грунтов хаотическое, закономерного распределения не выявлено.



Рисунок 3. Оползень-поток по правому борту р. Кайынды на участке работ



Рисунок 4. Озёра Малые Кайынды по левому борту реки Кайынды на участке работ

Грунты плотины обводнены с глубины 11 м. Коэффициенты фильтрации грунтов (по данным нескольких наливов и откачки) изменяются в пределах 101...243 м/сутки, при среднем значении 147.7 м/сутки.

Водный поток реки Кайынды при вытекании из озера имеет довольно спокойный характер. Уклон русла здесь, на протяжении первых десятков метров, составляет не более 2...3° (или 0.039). В нижнем бьефе (за пешеходным мостом) уклон возрастает до 5...7° и водный поток приобретает турбулентный характер.

Русло реки в пределах первых десятков метров от озера имеет ширину около 5...6 м, при глубине водного потока в пределах 0.1...0.3 м. В русле реки сложилась самоотмостка (выстиланное русло реки наиболее крупными фракциями донных отложений под воздействием течения), состоящая из слабоокатанных глыб, щебня, дресвы и крупного песка.

Борта ущелья ниже дамбы сложены щебенистыми и дресвяными грунтами с включением глыб до 25% и супесчано-суглинистым заполнителем в пределах 5...35% (тело оползня-потока, grQIV). Крутизна откосов изменяется в пределах 20...75°, при этом правый борт ущелья на 2/3 высоты перекрыт осыпями, литологически представленными также преимущественно щебенистыми грунтами с включением глыб и с супесчаным заполнителем (рисунки 5-6). Большая часть осыпей находится в активной фазе формирования и лишь отдельные фрагменты поверхности осыпей покрыты травянистой растительностью и мелким кустарником.

Организация туристического кластера ведется без учета оползневой опасности и риска схода оползней и обвалов, с подрезкой склонов, а также без учета значительной нагрузки и перегрузки склонов.

Озеро является точечным туристическим объектом весьма уязвимого характера для которых необходима рассчитанная и дозированная нагрузка.

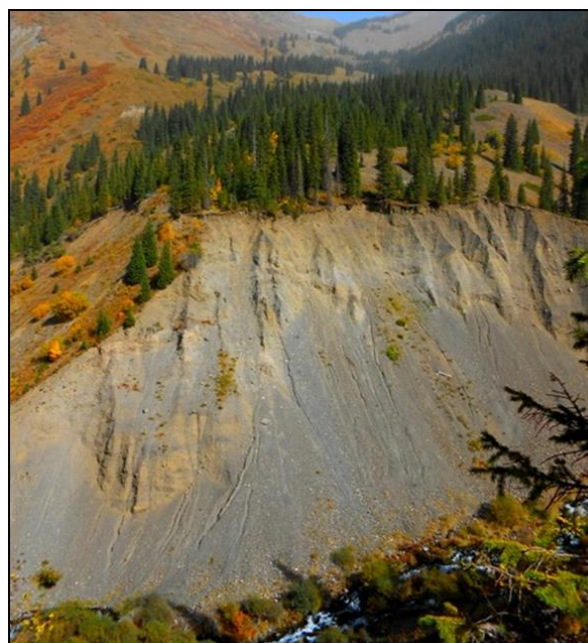


Рисунок 5. Правый борт ущелья в нижнем бьефе дамбы



Рисунок 6. Левый борт ущелья в нижнем бьефе дамбы

Территория застраивается хаотично, наплыв туристов огромен, особенно в летний период здесь сооружаются сотни юрт и шатров, не считая уже возведенных капитальных сооружений, что негативно сказывается на экологическое состояние объектов.

Для правильного экологического безопасного функционирования объекта озера Кайынды необходимо разработка детальной программы функционирования этих объектов с привлечением широкого круга специалистов по геологии, гидрогеологии, экологии, биологии, климатологии и др.

2. Методы и материалы

Озеро относится к высокой категории селевой опасности. Первый прорыв озера произошел в год образования озера сформировав грязекаменный селевой поток. Уровень озера понизился на 28-30 метров, объем селя составлял около 2.5 млн.м³.

16 июня 1983 года в результате катастрофического опорожнения завального озера Кайынды сформировался наносоводный селя, который нанес значительный ущерб хозяйственным объектам [14].

Уровень воды в озере понизился на 9.8 метров, было сработано ориентировочно 640 тыс.м³ воды.

После 1983 года уровень максимального наполнения составил отметку 1855.40 м. Линия максимального наполнения отчетливо зафиксирована на скальных обнажениях левого берега озера в верхней (южной) его части и на стволах затопленных деревьев. Отметка этой линии была определена в процессе топографических изысканий в ноябре 2021 года.

Согласно данным Географического Общества РК по реке Кайынды в 2015 году прошли наносоводные сели, в результате которых была частично разрушена завальная перемычка озера, и его уровень понизился примерно на 2 метра.

По результатам батиметрической и топографической съемки на ноябрь месяц 2021 года озеро Кайынды имеет следующие параметры:

- отметка уровня воды – 1853.40 м БС;
- площадь зеркала – 46.6 тыс.м²;
- объем озера – 496.0 тыс.м³;
- длина (с юга на север) – 400 м;
- максимальная ширина – 115 м;
- максимальная глубина – 20.5 м.

Согласно данным ГНПП «Көлсай көлдері» колебания уровня озера в последние годы очень незначительно и не превышают 32 см.

Повторные разрушения завальной перемычки с формированием селевого потока или паводка возможны в случаях сильного землетрясения, обвала грунта с бортов вреза, суффозионных процессов, а также в результате прохождения высоких паводков, по руслу с отсутствующей естественной самоотмотки для пропуска повышенных расходов воды с попятной эрозией.

Учитывая высокую сейсмическую и селевую опасность территории озера Кайынды и для обеспечения безопасности населения, отдыхающих и туристов, хозяйствующих объектов и жилых домов, считаем необходимым строительство защитного сооружения в озере Кайынды от прорыва и перелива воды из озера.

Необходимо провести инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания для разработки проекта восстановления озера до естественных отметок, существовавших после прохождения селя и паводков 1983 года.

Строительство на завальные перемычке дамбы (плотины) из грунтовых материалов с необходимым комплексом сооружений и мероприятий, обеспечивающих современные нормативные технические, эксплуатационные и природоохранные характеристики объекта. После строительства проектируемой дамбы на завальном перемычке по нашим расчетам будет иметь следующие основные параметры:

- НПУ – 1855.40 м БС;
- площадь зеркала озера – 55.82 тыс.м²
- объем воды в озере – 600 03 тыс.м³;
- длина озера (с юга на север) – 495 м;
- максимальная ширина – 122 м;
- максимальная глубина – 22.5 м;

3. Результаты и обсуждение

Собственно тело дамбы находится в устойчивом состоянии. Предварительные расчёты по нескольким характерным поперечникам (в нижнем и верхнем бьефе дамбы) показали, что коэффициент устойчивости изменяется в пределах 1.16...1.65 (даже для грунтов в водонасыщенном состоянии). Только на одном поперечнике (левый борт вреза русла реки выше створа проектируемой плотины на 12 м, исток) коэффициент устойчивости оказался 0.78 (и только для грунта в водонасыщенном состоянии).

Учитывая высоту откосов на этом поперечнике (3...7 м) и уровень подземных вод (вода из реки фильтруется круто вниз по разрезу на глубину до 11 м), реальной опасности водонасыщения грунта не предполагается, а в природном сложении откос имеет коэффициент устойчивости 1.55.

Выклинивания подземного потока в нижнем бьефе не выявлено ни в низовом откосе, ни в русле реки. Очевидно, подземный поток сформировал фильтрационный путь ниже русла реки – подрусловой поток.

Поверхность дамбы задернована и покрыта кустарниковой и древесной растительностью, что благоприятно сказывается на её устойчивости в настоящий момент.

Попытной донной эрозии по руслу реки не выявлено. Уклоны по руслу реки даже на перегибе его ниже дамбы не превышают 5...7°. Само русло сложено валунными грунтами с песчаным заполнителем, то есть достаточно устойчиво к размыву обычным потоком.

Выводы по устойчивости левого борта долины реки Кайынды ниже озера.

1. Высота откосов значительна – 50 и более метров.

2. Борты долины реки сложены щебенистыми и, реже, глыбовыми и дресвяными грунтами с супесчаносуглинистым заполнителем. Отложения выше эрозионного вреза реки Кайынды, не обводнены по обоим бортам. Однако учитывая крутизну поверхности и высоту откосов, склоны считаются неустойчивыми. Коэффициент устойчивости в среднем составляет 0.805 в нижней части бортов.

3. Поверхность тела древнего оползня интенсивно залесена по обоим бортам долины реки с развитым почвенно-растительным слоем.

4. Постоянная техногенная нагрузка выявлена только в районе озёр Малые Кайынды (преимущественно автотранспорт), но проявляется она на значительном расстоянии от участка исследований (и от плотины, и от бровки борта ущелья, выработанного в теле оползня реки Кайынды – более 100 м). Однако, в перспективе, при техногенном освоении этой территории следует учесть негативное влияние дополнительной нагрузки на устойчивость бортов каньона и не расширять обустройство территории в сторону реки.

Рекомендации:

1. Необходимо проведение инженерно-геологические и гидрогеологические, геофизические съемки с применением георадаров для определения устойчивости озерной перемычки;

2. Проводить регулярные обследования состояния озерной перемычки, в том числе и комиссионные с привлечением специалистов и исполнительных органов.

3. Организовать тропы для пеших и конных маршрутов с указателями. Недопускать хождение и езду на лоша-

дах вне установленных мест и троп. Для соблюдения санитарных норм и правил, вместо уборных и септиков организовать водопроводные и водосточные сети;

4. Провести научно-исследовательские работы по предупреждению прорыва озера и определению степени воздействия человеческой деятельности на экосистему озера Кайынды и мониторинговые работы для составления генерального плана развития туристического кластера;

5. Организовывать сезонные лагерные тимбилдинги только в весенне-летний период ниже озера Кайынды в районе березовой рощи.

7. Выставить информационные щиты по соблюдению требований по технике безопасности и о мерах поведения в горной местности и на акватории озера;

8. Выставить предупреждающие щиты на опасных участках.

4. Выводы

Озеро Кайынды является местом массового посещения местных и зарубежных туристов и отдыхающих. В летнее время число людей в зоне риска может достигать нескольких тысяч человек.

Для правильного экологического безопасного функционирования объекта озеро «Кайынды» необходимо разработка детальной программы функционирования этих объектов с привлечением широкого круга специалистов по геологии, гидрогеологии, экологии, биологии, климатологии и др.

После разработки детальной программы необходимо предложить рациональный график посещения объектов туристическими группами и отдельными туристами в экологически дозированной форме.

Доставку на озеро специальным транспортом для проведения экскурсии рекомендуемая дневная нагрузка на посещение озер не должна превышать 250-300 человек в сутки.

В случае прорыва озера в зону селевого риска попадают автодорожный мост с.Жаланаш - с.Саты, жилые дома и сельхозугодья, села Алгабас и Жанаталап Кегенского района, с.Шелек, с.Масак, с.Байсеит, с.Малыбай, с.Жанашаруа Енбекшиказахского района, а также Бартогайское водохранилище Алматинской области, автодорожные мосты, линии электропередач. Общее количе-

ство населения в зоне риска более 2-3 тысяч человек. Также, в зону воздействия попадают автодороги «Кульджинский тракт», автобан «Западный Китай – Западная Европа», ирригационные системы, гидроузел БаКа им.Кунаева и другие линейные коммуникации.

Литература / References

- [1] Kajsl, Ch. (1972). Analiz vremennyh rjadov gidrologicheskikh dannyh. L.: Gidrometizdat
- [2] Gosudarstvennyj gidrologicheskij institute. (1984). Mezhdunarodnoe rukovodstvo po metodam rascheta osnovnyh gidrologicheskikh harakteristik. L.: Gidrometizdat
- [3] SP 33-101-2003. Opredelenie osnovnyh raschetnyh gidrologicheskikh harakteristik. M.: Stroizdat
- [4] Posobie po opredeleniju raschetnyh gidrologicheskikh harakteristik. (1984). L.: Gidrometeoizdat.
- [5] Nacional'nyj nauchno-tehnicheskij holding Parasat-Institut geografii. (2012). Vodnye resursy kazahstana: oценка, prognoz, upravlenie. Almaty
- [6] Zaurbek, A.K., Narbaev, T.I. & Kalybekova, E.M. (2010). Metodicheskoe posobie po opredeleniju raschetnyh gidrologicheskikh harakteristik. Almaty
- [7] Bondar', F.I., Eresnov, N.V., Semenov, S.I. & Surov, I.E. (1963). Special'nye vodozabornye sooruzhenija. M.: Gosstrojizdat
- [8] Frolov, N.N. (1983). Proektirovanie osnovanij i fundamentov sooruzhenij gidromeliorativnyh sistem. M.: Kolos
- [9] Kiseleva, P.G. (1975). Spravochnik po gidravlicheskim raschetam. M.: Jenergija
- [10] Ivanov, P.L. (1985). Grunty i osnovanija gidrotehnicheskikh sooruzhenij. M.: Vysshaja shkola
- [11] Himerik, Ju.A. (1961). Proektirovanie i raschet gidrotehnicheskikh sooruzhenij. K.: Vishha shk. Izdatel'stvo pri Kievskom universite
- [12] SNiP II-7-81. Stroitel'stvo v sejsmicheskikh rajonah. M.: Stroizdat
- [13] Chugaev, R.R. (1985). Gidrotehnicheskie sooruzhenija. M.: Agropromizdat
- [14] Medeu, A.R. (2011). Selevie yavleniya iugo-vostochnogo Kazahstana. Almaty
- [15] Zapparov, M.R., Kassenov, M.K., Raimbekova, Zh., Auelkhan, Y. & Abishev, B. (2021). Main criteria defining glof risk on the territory of Almaty region, Kazakhstan. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan: Series of geology and technical sciences*, 450(6), 77-84. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.122>

Қайыңды көлінен апатты су ағызуға арналған Қайыңды көлі бассейнінің гидрогеологиялық, инженерлік-геологиялық және гидрологиялық режимін зерттеу

М.М. Заппаров¹, М.К. Касенов², Е.С. Ауелхан¹, М.М. Альжигитова^{1*}, Д.Т. Тұрапбай¹

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігінің «Қазселденқорғау» ММ, Алматы, Қазақстан

*Корреспонденция үшін автор: m.alzhigitova@satbayev.university

Андатпа. Бұл мақалада зерттелетін учаскедегі Қайыңды көлінің табиғи бөгетінің тұрақтылығы туралы мәліметтер келтірілген. Қайыңды көлі бассейнінің ортаңғы бөлігінде орналасқан және еріген қар мен жаңбыр суларының түсуіне байланысты қоректенеді. Көлден су ағыны жер үсті арқылы жүзеге асырылады. Көл сел қауіпті жоғары санатына жатады. Бұл аумақты техногендік игеру кезінде қосымша жүктеменің каньон бүйірлерінің тұрақтылығына теріс әсерін ескеріп, аумақты өзенге қарай жайластыруды кеңейтпеу керек. Көл ағылған жағдайда сел қаупі аймағына Жаланаш-Саты ауылы арасындағы автожол көпірі, Кеген ауданы Алгабас және Жанаталап ауылдарының, Шелек ауылының,

Масақ ауылының, Байсейіт ауылының, Малыбай ауылының, Алматы облысы Еңбекшіқазақ ауданы Жаңашаруа ауылының тұрғын үйлері және ауыл шаруашылық алқаптары және Бартоғай су қоймасы, электр желілері түседі. Тәуекел аймағындағы халықтың жалпы саны 2-3 мыңнан асады. Сондай-ақ, қауіп аймағына «Құлжа трактісі» автожолдары, Батыс Қытай-Батыс Еуропа автобаны, суару жүйелері, Д.Қонаев атындағы БАК су торабы және басқа желілік коммуникациялар кіреді. Қайыңды көлі туристер мен демалушылардың жаппай баратын орны болып табылады. Жазда қауіпті аймақтағы адамдар саны бірнеше жүзге жетуі мүмкін.

Негізгі сөздер: тұрақтылық, бөгет, еріген су, шөгу, сел, ағызу, арна, көшкін, бөгеттелген көл, аллювиалды сел, топырақ.

Изучение гидрогеологического, инженерно-геологического и гидрологического режима бассейна озера Кайыңды для аварийного водосброса с озера Кайыңды

М.М. Заппаров¹, М.К. Касенов², Е.С. Ауелхан¹, М.М. Альжигитова^{1*}, Д.Т. Тұрапбай¹

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан

²ГУ «Казселезащита» Министерства чрезвычайных ситуаций Республики Казахстан, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: m.alzhigitova@satbayev.university

Аннотация. В данной статье приводятся сведения по устойчивости естественной дамбы озера Кайыңды на исследуемом участке. Озеро Кайыңды расположено в средней части бассейна и питается за счет поступления талых снеговых и дождевых вод. Сток воды из озера осуществляется поверхностным путем. Озеро относится к высокой категории селевой опасности. При техногенном освоении этой территории следует учесть негативное влияние дополнительной нагрузки на устойчивость бортов каньона и не расширять обустройство территории в сторону реки. В случае прорыва озера в зону селевого риска попадают автодорожный мост с. Жаланаш - с. Саты, жилые дома и сельхозугодия села Алгабас и Жанаталап Кегенского района, с.Шелек, с. Масақ, с. Байсеит, с. Малыбай, с. Жанашаруа Еңбекшіказахского района и Бартоғайское водохранилище Алматинской области, автодорожные мосты, ЛЭП. Общее количество населения в зоне риска более 2-3 тысяч человек. Также, в зону воздействия попадают автодороги «Кульджинский тракт», автобан западный Китай – Западная Европа, ирригационные системы, гидроузел БАКа им.Кунаева и другие линейные коммуникации. Озеро Кайыңды является местом массового посещения туристов и отдыхающих. В летнее время число людей в зоне риска может достигать несколько сотен.

Ключевые слова: устойчивость, плотина, талые воды, выклинивание, сель, опорожнение, русло, оползень, завальный озеро, наносоводный сел, грунты.

Received: 09 January 2023

Accepted: 14 April 2023

Available online: 30 April 2023