

Загинаев В.В., Ерохин С.А., Маматканов Д.М.

**МОРЕННА-МӨҢГҮ КӨЛДӨРҮНҮН ЖЫРЫЛЫП КЕТҮҮ
КОРКУНУЧУНА АЛАРДЫН СУУ
ТЕМПЕРАТУРАСЫНЫН ӨЗГӨРҮШҮНҮН ТААСИРИ**

Загинаев В.В., Ерохин С.А., Маматканов Д.М.

**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ
ВОДЫ МОРЕННО-ЛЕДНИКОВЫХ ОЗЕР НА ИХ
ПРОРЫВООПАСНОСТЬ**

V. V. Zaginaev, S. A. Erokhin, D. M. Mamatkanov

**THE INFLUENCE OF A CHANGE IN WATER
TEMPERATURE IN MORAINЕ-GLACIAL LAKES
ON THEIR BREAKTHROUGH**

УДК: 551.332.53

Кыргызстандагы бардык жарылып чыккан көлдөрдүн ичинен эң коркунучтуусу - мореналык-мөңгүлүү көлдөр, анткени алардын тосмолорунда бир катар тышкы факторлордун таасири астында эрий турган көмүлгөн муздар бар, ошону менен алардын дамбаларынын туруктуулугун төмөндөтөт. Ушул типтеги көлдөр үчүн эң мүнөздүү ачылыш варианты болуп көлдүн жер астындагы маршруту менен, суусунун ичиндеги агын суу каналдары аркылуу ачылышы саналат. Негизинен климаттык бир катар факторлордун таасири астында көлдөр белгилүү бир критикалык көлөмгө чейин толот, андан кийин кийинки жетишкендиктер болот. Эгерде жер үстүндөгү ачылыш жана эрозиянын таасири астында ачылган бузулуштун пайда болушу менен бардыгы ачык болсо, анда интрагляциалдык агым каналдарынын ачылышына кандай факторлор таасир этет жана бул процессти козутушу мүмкүн. Бул эмгекте морена-мөңгү тибиндеги бийик тоолуу көлдөрдөгү суунун температурасынын Аджиген көлүнүн мисалында алардын чыгышы коркунучуна тийгизген таасирин баалоого мүмкүндүк берген маалыматтар келтирилген. Бул Адыгене көлүнүн көлөмү акыркы беш жылда бир кыйла өстү жана артка чегинген мөңгүнүн артындагы из дагы деле көбөйүүдө. Бул көлдө биринчи жолу ар кандай тереңдикте температуралык изилдөө жүргүзүлдү, бул бийик тоолуу көлдөрдө болуп жаткан процесстерди түшүнүү үчүн так сүрөттөлүштү берүүгө мүмкүнчүлүк берди.

Негизги сөздөр: көлдөрдүн жырылыштары, жетишкендиктер, коркунучтуу көл, Кыргыз тоо кыркасы, Адыгене, климаттын өзгөрүүсү, температура, алдын алуу.

Среди всех прорывоопасных озер Кыргызстана наибольшую опасность представляют озера моренно-ледникового типа, так как в составе их плотин содержится погребенный лед, способный протавивать под воздействием ряда внешних факторов, тем самым снижая устойчивость их плотин. Для озер такого типа наиболее характерным вариантом прорыва является прорыв озера подземным путем, через внутриледниковые каналы стока. Под воздейст-

вием ряда факторов, в основном климатическим, озера наполняются до определенного критического объема, затем происходит последующий прорыв. Если с поверхностным прорывом и формированием прорывного прорана под воздействием эрозии все понятно, то какие факторы влияют на открытие внутриледниковых каналов стока и могут спровоцировать этот процесс не все так понятно. В данной работе приводятся данные позволяющие дать оценку влияния температуры воды в высокогорных озерах моренно-ледникового типа на их прорывоопасность, на примере приледникового озера Адыгене. Данное озеро Адыгене за последние пять лет значительно увеличилось в объеме и продолжает увеличиваться след за отступающим ледником. Впервые в данном озере проведена температурная съемка на разных глубинах, позволяющая дать более ясную картину для понимания процессов, происходящих в высокогорных озерах.

Ключевые слова: прорывы озер, достижения, прорывоопасные озера, Кыргызский хребет, Адыгене, изменение климата, температура, прогноз.

Among all outburst lakes in Kyrgyzstan, the most dangerous are moraine-glacial lakes, since their dams contain buried ice that can thaw under the influence of a number of external factors, thereby reducing the stability of their dams. For lakes of this type, the most characteristic outburst option is the outburst of the lake by an underground drainage, through intraglacial runoff channels. Under the influence of a number of factors, mainly climatic, the lakes are filled to a certain critical volume, then a subsequent breakthrough occurs. If everything is clear with a surface breakthrough and the formation of a breakthrough breach under the influence of erosion, then what factors influence the opening of intraglacial runoff channels and can provoke this process is not so clear. In this paper, data are given that allow one to assess the effect of water temperature in high-mountain lakes of the moraine-glacial type on their outburst hazard, using the example of the moraine-glacial lake Adygene. This Lake Adygene has significantly increased in volume over the past five years and the trail behind the retreating glacier

continues to increase. For the first time on this lake, a temperature survey was carried out at different depths, which makes it possible to give a clearer picture for understanding the processes occurring in high-mountain lakes.

Key words: lakes breakthroughs, achievements, dangerous lakes, Kyrgyz range, Adygene, climate change, temperature, forecast.

Введение. Временной прогноз прорывоопасности высокогорных озер представляется трудноисполнимым заданием, так как не выработано пока четких критериев, позволяющих дать достоверный четкий прогноз. Подъем уровня воды, до определенной критической отметки в озере, как критерий указывающий на то что озеро находится на прорывоопасной стадии не дает полноты картины [1-3].

В последние годы основным методом оценки прорывоопасности высокогорных озер является дистанционный метод с использованием космических снимков, позволяющий только фиксировать увеличение уровня воды в озере. Необходимо введение новых количественных критериев, позволяющих дать качественную оценку прорывоопасности моренно-ледниковых озер и соответственно улучшить прогноз прорывоопасности.

Место исследования. Местом исследования был выбран моренно-ледниковый комплекс Адыгене (рис. 1), расположенный в центральной части Кыргызского хребта, боковой долине р. Ала-Арча. Комплекс расположен на высотах 3500-3600 м. н.у.м. На берегу озера большое Адыгене находится озерно-гляциологическая станция Адыгене, осуществляющая стационарные наблюдения за состоянием высокогорных озер на данном комплексе.

На моренно-ледниковом комплексе Адыгене расположены озера разных типов (моренно-ледниковые, термокарстовые и др.), размеров и объемов. На рисунке 1 под цифрой 1 обозначено озеро Большое Адыгене, под цифрой 2 – Приледниковое озеро. Кругом отмечено расположение озерно-гляциологическая станция Адыгене. Озеро приледниковое Адыгене сильно видоизменилось, а также увеличилась глубина и размеры данного озера, что является дополнительным фактором, указывающим на прорывоопасность данного озера [4-5]. Так же данная динамика указывает на высокую скорость процессов деградации ледника [5].



Рис. 1. Моренно-ледниковый комплекс Адыгене.

Методы. Для определения температуры воды в высокогорном озере на моренно-ледниковом комплексе Адыгене использовался прибор компании Fiedler, представляющий из себя записывающее устройство (логгер) и семь чувствительных датчиков для измерения температуры. Измерения проводились по профилям через каждые два метра, в каждой контрольной точке измерялась температура и глубина.

Датчики расположены для измерения температуры на разных глубинах: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 метров. Вместе с температурной съемкой на озерах проводились батиметрические измерения, эхолотом Deeper Sonar. Измерения проводились в августе 2018 года.

Результаты. Как видно на рисунке 2 разница температуры в различных частях озера составляет

всего один градус по Цельсию. Приведенная температурная карта для глубины 2 метра (рис. 2) дает полную картину распределения температур в озере. Таким образом, наиболее холодная вода сосредоточена в месте главного притока, где наблюдается самый крупный струйный поток с ледника, наиболее высокая температура воды зафиксирована у берегов. Таяние также наблюдается вдоль поверхности всего ледника в виде мелких струй. На температурной карте отчетливо выделяются холодные приледниковые зоны южного берега и теплые мелководные зоны северного берега. Особенно отчетливо просматриваются

холодные устьевые участки потоков талых ледниковых вод.

На рисунке 2 приведена батиметрическая карта глубин на озере Адыгене приледниковое (2018). Максимальная глубина, зафиксированная на приледниковом озере составила 13,6 м. Наиболее глубокие участки зафиксированы в центре озера. Озеро активно развивается. Так впервые в 2007г. на озере была выполнена батиметрическая съемка при максимальном его наполнении. Максимальная глубина озера составляла 3,8 м, размеры 130x50 м, объем до 10 тыс.м³. В 2013 г. батиметрическая съемка на озере была повторена.

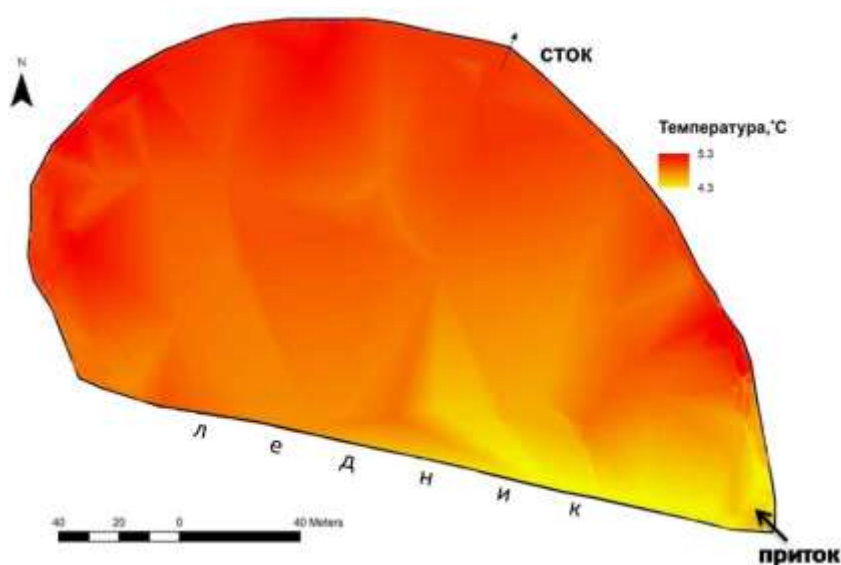


Рис. 2. Карта температуры воды на глубине 2 метра на приледниковом озере.

Сравнение батиметрических карт 2007 и 2013 гг. показали, что на озере произошли большие изменения. Его глубина увеличилась более чем в 2,5 раза, с 3,8 м до 10,4 м, площадь возросла с 5710 м² до 8630 м², а объем - с 12,5 тыс. м³ до 45,7 тыс. м³. Также с 2013 по 2018 гг. глубина озера увеличилась более, чем на три метра. Так же увеличился объем до 60 тыс. м³.

Повышенная температура у берегов объясняется прогреванием воды за счет солнечной энергии. Судя по рисунку 2 и отсутствию аномальных участков с водой с повышенной температурой, можно утверждать, что на данной глубине распределение воды – равномерное.

На рисунке 4 приведены средние значения температуры воды в озере на разных глубинах. Самый теплый слой на глубине 1-2 метра, далее идет уменьшение температуры до 6 метров с последующим небольшим увеличением температуры в слое 10 метров.

Из приведенного на рисунке 4 графика отчетливо прослеживается равномерное понижение температуры воды с глубиной. Небольшое увеличение температуры воды наблюдается на глубине 10 метров, после этой точки происходит уменьшения температуры. Данная аномалия незначительна, но присутствие таких аномалий указывает на возможность их проявлений и на других глубинах.

Плотность воды максимальная при температурах от 3,8 до 4,2 °С [6]. В моренно-ледниковом озере Адыгене вода находится в условиях близких к температурной аномалии воды. Об этом свидетельствует небольшой подъем температуры на глубине 10 метров. Данный подъем, возможно обусловлен конвективными течениями, обусловленным распределением воды с разной плотностью, которое в свою очередь взаимосвязано с температурой воды.

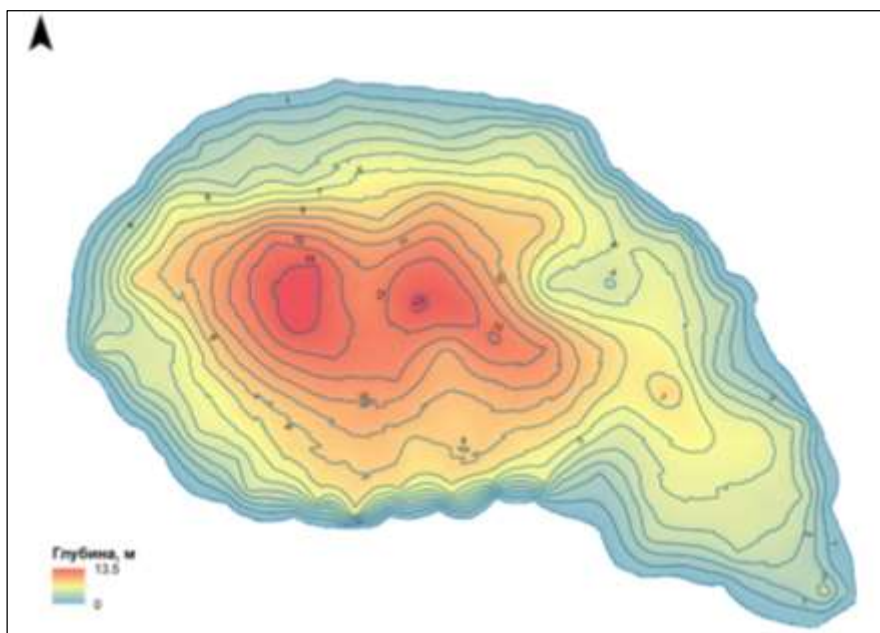


Рис. 3. Батиметрическая карта озера Адыгене приледникового.

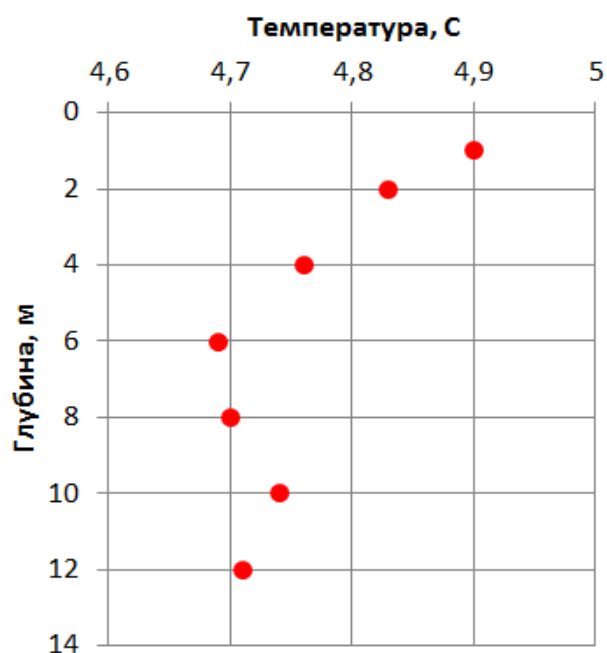


Рис. 4. Средние значения температуры на разных глубинах.

Заключение. Для лучшего понимания процессов, связанных с изменением температуры воды в моренно-ледниковых озерах и ее влияния на прорывоопасность, необходима постановка режимных наблюдений за температурой воды. Так как температура воды в моренно-ледниковом озере Адыгене близка к температурной аномалии (температура при которой

вода имеет максимальную плотность), возможны естественные процессы изменения температуры воды в водоеме, с увеличением или уменьшением.

Например, при охлаждении воды сверху (наиболее вероятный вариант при похолодании: ночное похолодание, обдув ветром) конвективный процесс протекает в следующем порядке: более холодная вода

(охлажденная), а, следовательно, более тяжелые частицы жидкости начнут опускаться и вытеснять вверх более теплые, легкие частицы. Но необходимо брать во внимание температурную аномалию воды. При охлаждении воды сверху (ниже 4°C) конвекция прекращается и более холодные частицы (более легкие) остаются на поверхности водоема.

На определенных глубинах даже незначительное повышение температуры воды может привести к более интенсивному таянию, тем самым повысив прорывоопасность озера и приблизив его к стадии прорыва.

Литература:

1. Meleshko A.A., Erokhin S.A., Zaginaev V.V. Factors of moraine-dammed lake outbursts: non-stationarity of the Tien-Shan lakes in Kyrgyzstan under climate change conditions. В сборнике: Сборник научных трудов Международной молодежной научно-практической конференции. Российский университет дружбы народов. - 2016. - С. 137-140.
2. Ерохин С.А. Риск прорыва озера Петрова. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики. Издание девятое с изменениями и дополнениями. - Б., Министерство чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики, 2012. - С. 622-627.
3. Ерохин С.А. Оценка прорывоопасности горных озер Кыргызстана в 2011 году. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики. Издание восьмое с изменениями и дополнениями. - Б., Министерство чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики, 2011. - С. 604-606.
4. Ерохин С.А. Гляциальные озера как гидроэкологические объекты и факторы их прорывоопасности. Сборник Вода и устойчивое развитие Центральной Азии. Фонд «Сорос-Кыргызстан», 2001. - С. 93-98.
5. Meleshko A.A., Konovalov Y., Zaginaev V., Anatskaya E.E. Remote sensing based monitoring: glacier changes in Alaarcha and Alamedin river basins in the northern Tien-Shan. В сборнике: Youth of XXI Century in a Scientific, Cultural and Educational Environment: New Values, Challenges, Perspectives сборник научных трудов Международной молодежной научно-практической конференции: в 2 частях. Российский университет дружбы народов. 2017. - С. 138-142.
6. Симонян Г.С., Арутюнян Н.М. Представление об аномальных и специфических свойствах воды. / Наука и образование сегодня, 2018. - №4(27). - С. 13-15.