

## ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ ОПАСНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Распутина В.А.<sup>1</sup>, Пряхина Г.В.<sup>1</sup>, Боронина А.С.<sup>1</sup>, Попов С.В.<sup>2,1</sup>

<sup>1</sup> – Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия,  
lerasputina88@gmail.com

<sup>2</sup> – Полярная морская геологоразведочная экспедиция, Санкт-Петербург, Россия

**Аннотация.** Наблюдения за опасными гидрологическими процессами практически невозможны, поэтому для исследования этих процессов целесообразно использовать методы физического моделирования. В настоящей работе представлены результаты физического эксперимента прорыва приледникового моренного озера.

Ключевые слова: физическое моделирование, опасные гидрологические явления, прорывы моренных озер.

Разрушение естественных и искусственных запрудных перемычек в результате перелива воды, ее фильтрации, либо механических разрушений тела самой плотины, приводит к формированию прорывных паводков, последствиями которых являются серьезные разрушения и человеческие жертвы. Как правило, подобные процессы характерны для моренных приледниковых озер, расположенных в труднодоступных горных районах, где организовать систематические наблюдения крайне сложно. Поскольку стать свидетелями прорыва реального водного объекта практически невозможно, кроме того, весьма опасно, то для понимания природы формирования катастрофического явления, характере протекания изучаемого процесса, определения количественных характеристик целесообразно использовать методы физического моделирования. Их достоинство заключается в том, что результаты, полученные в ходе экспериментов, могут быть основой калибровки математических моделей [1, 2, 7].

Вопросы, касающиеся физического моделирования освещены как в зарубежной, так и в отечественной литературе. Зарубежные исследователи активно используют экспериментальный метод для изучения прорывов грунтовых дамб водохранилищ. Эти работы направлены в основном на оценку площадей затопления территорий в результате прорыва дамб, также и оценку гидрографа прорыва и изменения скоростей потока во времени. В лаборатории гидравлики в Стилвотере (Оклахома, США), был проведен эксперимент, в котором на примере физической модели размыва дамбы получены зависимости между скоростями прорывного потока и размыва плотины, а также показано как свойства различных грунтов влияют на сроки и темпы эрозионного процесса [10].

В нашей стране наиболее масштабными и значимыми, с точки зрения получения научных результатов, стала серия экспериментов по физическому моделированию селевых потоков в естественных условиях их образования, проведенных 27-го августа 1972 г. и 19-го августа 1975 г. сотрудниками КазНИГМИ под руководством Ю.Б. Виноградова на селевом полигоне, созданном на реке Чемолган (Карасайский район Алматинской области) [2]. Что касается моренных озёр и озёр, подпруженных снежно-ледяной перемычкой, то натурные физические эксперименты для изучения процессов протекающих в результате их прорыва, распространены не столь широко, несмотря на очевидную актуальность, обусловленную увеличением частоты подобных явлений, в частности, селевых потоков [6].

В настоящей работе представлены результаты натурного физического эксперимента прорыва моренного озера. Эксперимент проводился в прибрежной зоне озера Башкара, входящего в систему Башкаринских озер, расположенных в Эльбрусском районе Кабардино-Балкарской Республики в долине реки Адыл-Су. Формирование озера произошло, вероятно, в конце 1930-х – начале 1940-х годов. в результате подпруживания талых вод ледника Башкара мореной. На протяжении своей истории водоем неоднократно прорывался, формируя катастрофические паводки и селевые потоки [3–5, 8–9]. Таким образом, уникальность данного эксперимента определялась его проведением непосредственно в условиях формирования опасных гидрологических явлений. Это позволило использовать в качестве материала для строительства плотины материал из окружающих озеро морен, близкий по структурным, гранулометрическим, фильтрационным характеристикам к естественным. Вода, заполняющая резервуар в ходе эксперимента, обладала теми же гидрохимическими характеристиками (мутность, температура, минерализация), что и водные потоки, наполняющие озеро Башкара. Проведение экспериментов непосредственно в условиях протекания подобных процессов позволяет избежать многих допущений, принимаемых при экспериментах в лабораториях.

#### Литература

1. Боронина А.С., Попов С.В., Прягина Г.В. Моделирование подледниковых паводков на примере катастрофического прорыва водоёма в леднике Долк (полуостров Брокнес, Восточная Антарктида) // Сборник докладов международной научной конференции «Третьи Виноградовские чтения. Грани гидрологии», Санкт-Петербург, 28–30 марта 2018 г. С. 854–859.
2. Виноградов Ю.Б. Метод расчета гидрографа паводка при прорыве подпруженного ледником озера // Селевые потоки. Сб. 1. 1976. С. 138–153.
3. Дубинский Г.П., Снегур И.П. Физико – географические особенности верховьев р. Баксан и метеорологические наблюдения на леднике Башкара // Материалы Кавказ. экспедиции (по программе МГГ). Т. III. Харьков: Изд-во Харьковского университета, 1961. С. 215–285.
4. Кидяева В.М., Петраков Д.А., Крыленко И.Н., Алейников А.А., Штоффел М., Граф К. Опыт моделирования прорыва Башкаринских озер // Геориск. 2018. Том XII. № 2. С. 38–46.
5. Ковалев П.В. О селях на северном склоне Центрального Кавказа // Материалы Кавказ. экспедиции (по программе МГГ). Том III. Харьков: Изд-во Харьковского университета, 1961. С. 149–161.
6. Немчинов Е.О., Распутина В.А. Селевые потоки в малых речных бассейнах юга острова Сахалин и их негативное воздействие на объекты водного хозяйства // Сборник докладов международной научной конференции «Третьи Виноградовские чтения. Грани гидрологии», Санкт-Петербург, 28–30 марта 2018 г. С. 908–912.
7. Попов С.В., Боронина А.С., Прягина Г.В., Григорьева С.Д., Суханова А.А., Тюрин С.В. Прорывы ледниковых и подледниковых озер в районе холмов Ларсеманн (Восточная Антарктида), в 2017–2018 гг. // Геориск, 2018. Т. XII, № 3. С. 56–67.
8. Сейнова И.Б. Селевые процессы бассейна р. Баксан в последнем тысячелетии (Центральный Кавказ). М.: ВИНТИ, 1997. 295 с.
9. Черноморец С.С., Петраков Д.А., Алейников А.А., Беккиев М.Ю., Висхаджиева К.С., Докукин М.Д., Калов Р.Х., Кидяева В.М., Крыленко В.В., Крыленко И.В., Крыленко И.Н., Рец Е.П., Савернюк Е.А., Смирнов А.М. Прорыв озера Башкара (Центральный Кавказ, Россия) 1 сентября 2017 года // Криосфера Земли. 2018. Том 22. № 2. С. 70–80.
10. Hanson G.J., Cook K.R., Hunt S.L. Physical modeling of overtopping erosion and breach formation of cohesive embankments // Transactions of the ASABE. 2005. Vol. 48 (5). P. 1783–1794.

## PHYSICAL MODELING AS A METHOD OF RESEARCH OF DANGEROUS HYDROLOGICAL PROCESSES

Rasputina V.A.<sup>1</sup>, Pryakhina G.V.<sup>1</sup>, Boronina A.S.<sup>1</sup>, Popov S.V.<sup>2,1</sup>

<sup>1</sup> – Saint-Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia, [lerasputina88@gmail.com](mailto:lerasputina88@gmail.com)

<sup>2</sup> – Polar Marine Geosurvey Expedition, Saint Petersburg, Russia

**Abstract.** Observations of dangerous hydrological processes are practically impossible, therefore, it is advisable to use physical modeling methods to study these processes. This paper presents the results of a physical experiment of a breakdown of a moraine-dammed lake.

Key words: physical modeling, dangerous hydrological processes, breakdown of moraine-dammed lake.