

## АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии (PhD)  
по специальности «6D075100 – Информатика, вычислительная  
техника и управление»

**Зиятбековой Гулзат Зиятбеккызы**

«Разработка автоматизированной системы предупреждения и  
прогнозирования прорыва дамб»

**Актуальность диссертационной работы.** Согласно докладу комиссии ООН [1] ущерб от стихийных бедствий природного характера, в частности наводнений, с годами только растет, а экономические потери от последствий наводнений приводят к снижению объема валового внутреннего продукта. Для выбора комплекса мероприятий по минимизации ущерба целесообразно осуществить прогноз основных характеристик наводнений, влияющих на величину ущерба. Их величина влияет на степень тяжести последствий наводнений для населения, экономики, сельского хозяйства и т. д. [2].

В последнее столетие в мире произошло более тысячи случаев разрушения ГТС, причинами которых в числе метеорологических явлений были и факторы геологического и геофизического характера [3 (С.15), 4].

Плотина Сент-Франсис в Калифорнии навсегда вошла в исторические аналоги инженерной геологии как трагический пример человеческой беспечности. Она была построена в 70 км от Лос-Анджелеса в каньоне Сан-Франциско с целью накопления воды для последующего ее распределения по водопроводу Лос-Анджелеса. Замеченное просачивание воды через плотину необходимых мер не вызвало, и, естественно, она прорвалась через толщу грунта, и под ее напором плотина рухнула. Под стеной волны в 40 м свидетелей катастроф в живых не осталось. Все живое, все постройки были уничтожены. Позади волны долина была затоплена на 80 км. Во время этого наводнения погибло более 600 человек. Обрушение плотины Сент-Франсис в марте 1928 года стало примером того, как не надо строить ГТС. Второй пример в Италии, в 1963 г. В водохранилище Вайонт обрушился горный массив, в результате ~ 25 млн. т. воды перелились через плотину, создав в долине р. Пьяве волны высотой 70 м. Было уничтожено 4 поселка, погибло 4400 человек. На территории России в настоящее время эксплуатируется более 30 тыс. водохранилищ, из которых около 3 тыс. вместимостью более 1 млн. м<sup>3</sup> и ~ 60 – 1 млрд. м<sup>3</sup>. Разрушение таких объектов несет огромный риск для людей, т.к. может привести к катастрофическому затоплению местности, населенных пунктов, гибели большого количества людей, экологическим непосредственным и отдалённым последствиям. Катастрофы на реках России: – прорыв плотины Киселевского водохранилища на р.Какве и сильное наводнение в г. Серове (Свердловская область) в июне 1993 г. (пострадали 6,5 тыс. чел., 12 погибли, общий ущерб – 63,3 млрд.руб.);



- разрушение плотины Тирлянского водохранилища в 1994 г. (Башкортостан) на притоке р.Белой (погибло порядка 100 чел., суммарный ущерб 52,3 млрд.руб.);
- наводнение в Приморье (сентябрь 1994 г.) и в Якутии (1999 г. и 2001 г.);
- наводнение в Краснодарском крае (июль 2002 г.) привело к разрушению его гидроузла, унесло жизни 114 тыс. чел. и причинило материальный ущерб на сумму в 15 млрд.руб. [5-8].

Другим примером является резкий (аварийный) сброс воды на Павловской ГЭС, который вызвал гидравлический удар, спровоцировавший землетрясение мощностью 3-4 балла. Гидротехнические сооружения этой ГЭС были построены без учета сейсмостойкости. Сейсмические эффекты были вызваны и при заполнении, например, водохранилища Зейской ГЭС, а катастрофы затопления и подтопления ниже по течению р.Амура – от её аварийных сбросов. На территории Украины возможны катастрофические затопления при разрушении плотин, дамб, водопропускных сооружений на 12 гидроузлах и 16 водохранилищах рек Днепр, Днестр, Северский Донец, Южный Буг. Площадь затопления может составить 8294 км<sup>2</sup>. В зону затопления попадают 536 населенных пунктов и 470 промышленных объектов [5, 9-11].

Авария на Саяно-Шушенской ГЭС – техногенная катастрофа, произошедшая 17 августа 2009 года. В результате аварии погибло 75 человек, оборудованию и помещениям станции нанесён серьёзный ущерб. Ростехнадзор непосредственной причиной аварии назвал разрушение шпилек крепления крышки турбины гидроагрегата, что привело к её срыву и затоплению машинного зала станции. Последствия аварии отразились на экологической обстановке акватории, прилегающей к ГЭС, на социальной и экономической сферах региона и всей страны [12].

Мониторинговые системы должны обеспечивать постоянное наблюдение за явлениями и процессами, происходящими в природе и техносфере, для предвидения нарастающих угроз для человека и среды его обитания. Главной целью мониторинга является предоставление данных для точного и достоверного прогноза чрезвычайных ситуаций на основе объединения интеллектуальных, информационных и технологических возможностей различных ведомств и организаций, занимающихся наблюдением за отдельными видами опасностей [13]. Мониторинговая информация служит основой для прогнозирования.

Возникает необходимость разработки и исследования математических моделей, позволяющих в реальном времени вычислять объем воды, который может быть принят водоемом, и прогнозное время до его полного заполнения (по гребень плотины). Данная информация необходима для своевременного оповещения населения и органов государственного управления для принятия оперативных решений по обеспечению экологической безопасности.

В этой связи исследования по разработке, исследованию математической модели прорыва дамбы и средств защиты информации являются актуальными.



**Целью диссертационной работы** является разработка методов для комплексного анализа, математического моделирования и прогнозирования последствий ЧС природного и техногенного характера (прорыва дамбы) с применением современных информационных технологий и вычислительного эксперимента с отображением результатов в графической форме.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе решаются нижеследующие **задачи**.

- 1) разработка базы данных для ввода, хранения и обработки данных о рельефе местности, климатических и гидрогеологических показателей;
- 2) разработка датчиков, передача их информации через Интернет или спутниковую связь в Центр для дальнейшей обработки;
- 3) построение математических моделей мониторинга уровня заполненности водоемов;
- 4) построение математических моделей прогнозирования последствий прорыва дамбы;
- 5) разработка автоматизированной информационной системы мониторинга и прогнозирования последствий прорыва дамбы.

**Научная новизна диссертационной работы состоит в:**

- комплексном подходе к решению задачи безопасности гидротехнических сооружений;
- предложенной математической модели мониторинга заполняемости водоема с оповещением заинтересованных органов о гидрологической ситуации в реальном времени;
- алгоритмах и методах прогнозирования последствий при разрушении гидротехнических сооружений и возникновения чрезвычайных ситуаций;
- разработанной автоматизированной системе мониторинга и прогнозирования последствий прорыва плотины для обеспечения эксплуатации ГТС;
- разработке методологии создания системы контроля и оценки состояния водоема.

**Методы исследований.** В исследовании будут использованы методы из следующих областей знаний: математическая теория управления, теория принятия решений, методы обработки данных, интервальный анализ, СУБД, современные системы проектирования и разработки информационных систем.

**Объектом исследования** диссертационной работы являются гидротехнические системы.

**Предметом исследования** являются математические модели мониторинга уровня воды в водоемах в реальном времени и прогнозирования последствий прорыва плотины.

**Практическая значимость работы** заключается в разработке системы, обеспечивающей текущей и прогнозной информацией, способствующей правильности принятия решений на территориальном или республиканском уровне.



**Научная значимость работы** заключается, прежде всего, в построении математических моделей прогнозирования последствий наводнений, их исследовании и программно-аппаратной реализации.

Прикладная ценность результатов работы заключается в возможности использования системы получения и передачи климатических данных в реальном масштабе времени в различных отраслях промышленности и транспорта.

**Положения, выносимые на защиту.** По результатам исследования были решены нижеследующие задачи:

- разработка, обоснование и исследование математической модели мониторинга уровня воды в водоеме;
- математическое моделирование последствий прорыва дамбы;
- разработка информационной технологии и программы для обеспечения процессов прогнозирования и предупреждения прорыва дамб. Проведение экспериментальных исследований для анализа адекватности предложенных математических моделей, методов и алгоритмов, повышающих точность локализации и гидротехнических сооружений.

**Обоснованность выносимых на защиту научных положений, выводов и рекомендаций** подтверждается корректностью использования математического аппарата, корректной постановкой экспериментов и их обработкой; качественным и количественным соответствием результатов теоретических исследований и экспериментальных данных; практическим применением результатов исследований. **Достоверность** проведенных исследований подтверждается хорошей согласованностью результатов натурных наблюдений (достаточной степенью схожести событий, прошедших в с. Кызылагаш Алматинской области Республики Казахстан).

#### **Связь темы с планами научно-исследовательских программ**

Диссертационная работа выполнялась в соответствии с календарным планом научно-исследовательских грантовых работ по приоритету: 3. Информационные, телекоммуникационные и космические технологии, научные исследования в области естественных наук, по подприоритету: 3.5 Методы и системы информационной безопасности и защиты данных. Технологии и программно-технические средства защиты информации по теме проекта: 1.26 «Разработка биометрических методов и средств защиты информации» Института информационных и вычислительных технологий Комитета науки и МОН РК.

**Структура диссертации** включает введение, 4 раздела, заключение, список использованных источников и приложения.

Во введении дано обоснование актуальности выбранной темы диссертационной работы. Сформулированы цель, объект, предмет и задачи научно-исследовательской работы. Описаны результаты проведенных исследований, показаны их научная новизна и практическая значимость. Приведены данные об апробации основных результатов диссертационной работы.



**В первом разделе** проведен анализ мирового потока научных работ по данному направлению, методами наукометрических исследований, что позволило увидеть объективную картину развития данного научного направления и оценить его актуальность и потенциальные возможности применения. Отмечены отечественные и зарубежные ученые, внесшие значительный вклад в разработку базовых методов для комплексного анализа. Проведен обзор существующих методов определения параметров прорывных волн.

Показаны существующие системы и базы данных для ввода, хранения и обработки данных о рельефе местности, климатических и гидрогеологических показателей. Выявлены тенденции развития современных технологий математического моделирования и их применение в экологической безопасности, что доказывает актуальность научных исследований в данном направлении.

**Второй раздел** посвящен анализу существующих методов решений и формулировке задач мониторинга гидрологических процессов. Приведена общая характеристика проблемы и постановка задач исследования. Проанализирована задача и выявлены основные проблемы, которые могут возникнуть в ходе ее решения. Выделены достоинства и недостатки описанных методов.

На основе микропроцессорной техники и сенсорных датчиков разработана автономная микрокомпьютерная система передачи климатических данных. Разработана программа мониторинга факторов прорывных волн в реальном масштабе времени.

Разработана математическая модель, позволяющая в реальном времени осуществлять мониторинг заполненности водоема, и определять риск прорыва дамбы. Предложен метод мониторинга уровня воды в водоемах на основе нечеткой и интервальной математики.

В ходе исследования разработана технология для обеспечения процессов решений и формулировки задач исследования.

**Третий раздел** посвящен анализу существующих моделей прогнозирования последствий разрушения гидротехнических сооружений и возникновения чрезвычайных ситуаций.

Выполнен сравнительный анализ известных методов прогнозирования последствий прорыва плотины и, тем самым, возникновения чрезвычайных ситуаций.

Разработана математическая модель прогнозирования последствий прорыва дамбы. Результаты анализа являются основой для исследования и реализации комплексного решения задачи.

**Четвертый раздел** посвящен описанию автоматизированной системы мониторинга, предупреждения и прогнозирования последствий прорыва плотины.

На языке Java реализована интерфейсная часть, которая включает следующие модули: 1) модуль получения и передачи текущей информации об уровне воды, влажности и температуры на гребне плотины; 2) модуль



обработки постоянной и оперативной информации об угрозе прорыва плотины (сервер); 3) модуль прогнозирования последствий прорыва плотины.

На модельной задаче (события, прошедшие в с.Кызылагаш Алматиской области Республики Казахстан) показана эффективность разработанной автоматизированной системы.

В заключении изложены основные результаты и выводы диссертации.

**Апробация работы.** Результаты диссертационной работы доложены на международных научных конференциях, ежегодных научных конференциях Института вычислительных и информационных технологий, научных конференциях молодых ученых и специалистов Казахского национального университета, а также на научных семинарах кафедры «Информатика» КазНУ имени аль-Фараби. Проведена зарубежная стажировка (Приложение А). Получены 4 свидетельства о государственной регистрации прав на объект авторского права (Приложение Б).

**Публикации.** По теме диссертации опубликованы 19 (девятнадцать) печатных работ, в том числе 5 (пять) в изданиях рекомендуемых ККСОН МОН РК, 3 (три) работы в журнале, входящем в международную базу цитирования «SCOPUS» (подтверждается справкой АО НЦГНТЭ о наличии публикации в журнале, входящем в базу данных Scopus – Приложение В).

#### **Научные публикации:**

1 Т. Mazakov, Sh. Jomartova, G. Ziyatbekova, M. Aliaskar. Automated system for monitoring the threat of waterworks breakout // Journal of Theoretical and Applied Information Technology, Pakistan, 2020. – Vol. 98, – No 15. – Pp. 3176-3189. ISSN: 1992-8645, E-ISSN: 1817-3195.

2 Т. Zh. Mazakov, P. Kisala, Sh. A. Jomartova, G. Z. Ziyatbekova, N. T. Karymsakova. Mathematical modeling forecasting of consequences of damage breakthrough // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2020. – Vol. 5, No 403. – Pp. 116-124. // <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.111>.

3 Nurdaulet, I., Talgat, M., Orken, M., Ziyatbekova, G. Application of fuzzy and interval analysis to the study of the prediction and control model of the epidemiologic situation // Journal of Theoretical and Applied Information Technology, Pakistan, 2018. – Vol. 96, - Issue 14, – P. 4358-4368.

4 Джомартова Ш.А., Зиятбекова Г.З. К вопросу о проблемах разработки автоматизированных систем предупреждения и прогнозирования прорыва дамб // Вестник КазНТУ им. К.И. Сатпаева, 2018, №2(126). – С.136-139.

5 Алиаскар М.С., Джомартова Ш.А., Зиятбекова Г.С., Исимов Н.Т., Амирханов Б.С., Мазакова А.Т. Автономная микропроцессорная система передачи климатических данных // Вестник КазНТУ им. К.И. Сатпаева, 2019. – № 1 (131). – С. 371-377.

6 Mazakov T.Zh., Dzhomartova Sh.A., Kisala P., Ziyatbekova G.Z. New approaches for solving problems of the simulation of flood wales and breakthrough to justify protective measures // HERALD of the Kazakh – British Technical University. – Almaty, 2019. – Vol. 16, – № 4(51). – P. 138-144.



7 Мазаков Т.Ж., Джомартова Ш.А., Kisala P., Зиятбекова Г.З., Тогжанова К.О. Топырақ бөгеттерінің бұзылу процесін зерттеуді дамыту // Вестник АУЭС, 2020. – № 1(48). – С.131-137.

8 Мазаков Т.Ж., Джомартова Ш.А., Kisala P., Зиятбекова Г.З. Су ресурстарын бақылауды дамытуға арналған іс-шаралар мен туындайтын мәселелер // Вестник КазНУТУ им. К.И. Сатпаева, 2020. – № 2(138). - С.365-369.

9 Мазаков Т.Ж., Зиятбекова Г.З., Алиаскар М.С. Автоматизированная система мониторинга угрозы прорыва гидроузлов // Вестник КазУТБ, Нур-Султан, 2020. – № 1. - С. 8-19.

10 Мазаков Т.Ж., Зиятбекова Г.З. Последствия при разрушении гидротехнических сооружений и возникновения чрезвычайных ситуаций // Матер. междунар. конф. – Алматы: КазАТК им. М. Тынышпаева, 2018. – Том. 2. – С. 74-78.

11 Зиятбекова Г.З. Исследования процесса разрушения напорного фронта гидроузлов // Матер. междунар. конф. студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». – Алматы, Казак университеті, 2018. – С.231-233.

12 Мазаков Т.Ж., Зиятбекова Г.З. Применение геоинформационных систем для решения задач оценки наводнений // Матер. III междунар. науч. конф. «Информатика и прикладная математика». – Алматы, 2018. – Ч. 1. – С. 278-284.

13 Зиятбекова Г.З., Мазаков Т.Ж. Определение методов и средств мониторинга уровня воды в водоемах // Сборник трудов XV междунар. науч.-практ. конф. «Инновационные, информационные и коммуникационные технологии». – РФ, Сочи, 2018. – С. 62-65.

14 Мазаков Т.Ж., Кисала П., Зиятбекова Г.З. История и развития теории о моделировании паводковых и прорывных волн // Материалы науч. конфер. ИИВТ КН МОН РК «Инновационные IT и Smart-технологии», посвященной 70-летию юбилею профессора Утепбергенова И.Т. – Алматы, 2019. – С. 199-205.

15 Зиятбекова Г.З., Мазаков Т.Ж., Кисала П. Обзор литературы по проблеме численного моделирования речных потоков // Матер. науч. конф. Института информационных и вычислительных технологий МОН РК «Современные проблемы информатики и вычислительных технологий». – Алматы, 2019. – С.174-179.

16 Зиятбекова Г.З., Мазаков Т.Ж., Piotr Artur KISALA. Гидротехникалық құрылыстардың бұзылу салдары мен төтенше жағдайлардың пайда болуының басты мәселелері // Материалы IV междунар. науч.-практ. конф. «Информатика и прикладная математика». – Алматы, 2019. – Ч. 1. – С. 374-381.

17 Зиятбекова Г.З., Мазаков Т.Ж., Джомартова Ш.А., P. Kisala. Перспективы развития теории и современные подходы для решения задач моделирования паводковых и прорывных волн // V Международная научно-практическая конференция «Наука и образование в современном мире: вызовы XXI века». – Нур-Султан, 2019. – С.38-43.



18 Зиятбекова Г.З., Мазаков Т.Ж., Тусупова С.А. Гидродинамикалық апаттардың орын алуы және оларды талдау // Матер. науч. конф. Института информационных и вычислительных технологий МОН РК «Современные проблемы информатики и вычислительных технологий». – Алматы, 2020. – С.45-50.

19 T. Mazakov, G. Ziyatbekova, M. Aliaskar. Automated water level monitoring system in water bodies // Journal of Advance Technologies and Computer Science. ICT. – Almaty, 2020. – Vol. 1, – No 1. – Pp. 7-13.

**Свидетельства о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом:**

1 Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №5290 от 12 сентября 2019 «Комплекс программ трехмерной графики «3D-MAT» (программа для ЭВМ), авторы: Зиятбекова Г.З., Мазакова Ә.Т., Шорманов Т.С., Амирханов Б.С., Жолмагамбетова Б.Р., Әлиасқар М.С.

2 Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №7576 от 17 января 2020 «Библиотека интервальных функций» (программа для ЭВМ), авторы: Зиятбекова Г.З., Мазакова Ә.Т., Мазаков Т.Ж., Джомартова Ш.А., Карымсакова Н.Т., Амирханов Б.С., Жолмагамбетова Б.Р.

3 Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №7632 от 21 января 2020 «Система аналитических вычислений» (программа для ЭВМ), авторы: Зиятбекова Г.З., Мазаков Т.Ж., Джомартова Ш.А., Мазакова Ә.Т., Карымсакова Н.Т., Тұрсынбай А.Т., Саметова А.А.

4 Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №12221 от 29 сентября 2020 «Система мониторинга риска прорыва плотины» (программа для ЭВМ), авторы: Мазаков Т.Ж., Зиятбекова Г.З., Әлиасқар М.С.