

**Заключение диссертационного совета Д.002.040.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института водных проблем Российской академии наук (ИВП РАН) по диссертации
на соискание ученой степени кандидата наук**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета Д 002.040.01 от 17.06.2021 №7/2021

О присуждении **Васильевой Екатерине Сергеевне** (гражданке РФ) ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «**Совершенствование методов расчета техногенных паводков при образовании проранов в грунтовых плотинах**» по специальности 25.00.27 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия **принята к защите 16.04.2021г.** (протокол № 6/2021) диссертационным советом Д 002.040.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института водных проблем Российской академии наук (119333, Москва, ул. Губкина, дом 3, в соответствии с приказом Министерства образования и науки РФ №105/нк от 11.04.2012 г. диссертационный совет Д 002.040.01 признан соответствующим Положению о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук). Состав совета утвержден приказом Министерством науки и высшего образования Российской Федерации № 377/нк от 20 декабря 2018 года.

Соискатель **Васильева Екатерина Сергеевна** 1980 года рождения, в 2002 году **окончила** кафедру гидротехнического строительства строительного факультета Московского государственного университета природообустройства по специальности «гидротехническое строительство» с 2002 года **работала** в Научно-исследовательском институте энергетических сооружений (ОАО НИИЭС) в должности инженера, младшего научного сотрудника и научного сотрудника, с 2018 года **работает** в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте водных проблем Российской академии наук в должности инженера, в 2020 году **зачислена** соискателем в аспирантуру ИВП РАН.

Диссертация выполнена в Лаборатории численного гидродинамического моделирования Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института водных проблем Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор технических наук (специальность 05.23.16), Беликов Виталий Васильевич, заведующий Лабораторией численного гидродинамического моделирования Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института водных проблем Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Зиновьев Александр Тимофеевич – доктор технических наук по специальности 25.00.27, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией гидрологии и геоинформатики Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН».

2. Католиков Виктор Михайлович – кандидат технических наук по специальности 05.23.16, доцент по специальности «Гидравлика и инженерная гидрология», ведущий научный сотрудник, заведующий отделом русловых процессов ФГБУ «Государственный гидрологический институт»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ, г. Москва) в своем **положительном заключении**, составленном заведующим кафедрой гидравлики и гидротехнического строительства, доктором технических наук, профессором Д.В. Козловым и доцентом той же кафедры, кандидатом технических наук А.С. Бестужевой, утвержденном проректором НИУ МГСУ, доктором технических наук, доцентом А.Р. Тусниным, указал, что диссертация Васильевой Екатерины Сергеевны является законченной научно-квалификационной работой, в которой решены задачи, имеющие значение для отрасли знаний, связанной с разработкой гидродинамических моделей и гидравлических методов расчета техногенных паводков при развитии проранов в плотинах из грунтовых материалов. Актуальность темы исследований не вызывает сомнения, а научная и практическая значимость в значительной степени повышают эффективность и надежность ретроспективного и упреждающего моделирования развития техногенных паводков в нижнем бьефе гидроузлов в результате образования проранов в плотинах из грунтовых материалов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой научной квалификацией и большим авторитетом в той области знаний, к которой предметно относится рассматриваемая диссертационная работа.

Соискатель имеет 13 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 7 статей в научных журналах и изданиях (включая переводные версии), которые входят в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций; 4 работы опубликовано в материалах российских и международных конференций.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

В рецензируемых журналах:

1. Беликов, В.В. Численное моделирование волны прорыва плотины Краснодарского водохранилища / В.В. Беликов, Е.С. Васильева, А.М. Прудовский // Гидротехническое строительство - 2010. - № 5 – С. 38-47.
2. Belikov, V.V. Numerical modeling of a breach wave through the dam at the Krasnodar reservoir / V.V. Belikov, E.S. Vasil'eva, A.M. Prudovskii // Power Technology and Engineering - V. 44. - I. 4. - 2010. - P. 269-278. - <https://doi.org/10.1007/s10749-010-0176-2>. (переводная версия).
3. Vasil'eva, E.S. Numerical Modeling of the Behavior of a Destructive Rain Flood on a Mountain River / E.S. Vasil'eva, A.I. Aleksyuk, P.A. Belyakova, T.A. Fedorova, V.V. Belikov // Water Res. - 2019. - Vol. 46. - Suppl. 1. - P. S43–S55. - <https://doi.org/10.1134/S0097807819070169>.
4. Васильева, Е.С. Численное моделирование гидродинамической аварии каменно-земляной плотины на р. Дюрсо / Е.С. Васильева, В.В. Беликов // Гидротехническое строительство - 2020. - №3. - С. 49-54.

5. **Vasilieva, E.S.** Numerical Modeling of a Hydrodynamic Accident at an Earth-and-Rockfill Dam on the Dyurso River / **E.S. Vasilieva, V.V. Belikov** // Power Technol Engineering. - 2020 - 54 (3) - P. 326-331. - <https://doi.org/10.1007/s10749-020-01210-1>. (переводная версия).
6. Fedorova, T.A. Numerical Simulation of Triangular Dam Overflow / T.A. Fedorova, **E.S. Vasil'eva, V.V. Belikov** // Power Technol Engineering 54 - 2020. - P. 354–357. - <https://doi.org/10.1007/s10749-020-01215-w>
7. **Васильева, Е.С.** Моделирование быстроразвивающихся паводков на малых реках Северного Кавказа с использованием современных данных автоматизированной гидрометеорологической сети / **Е.С. Васильева, П.А. Белякова, А.И. Алексюк, Н.В. Селезнева, В.В. Беликов** // Водные ресурсы - 2021. - Т. 48. - №2. С. - 135-146. - <https://doi.org/10.31857/S0321059621020164>.

На автореферат поступил один **отзыв без замечаний**:

1. Гладков Г.Л. (д.т.н., профессор, зав. кафедрой Водных путей и Водных изысканий ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова») и Беляков П.В. (к.т.н, доцент кафедры Водных путей и Водных изысканий ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова»).

На автореферат поступило **восемь отзывов с замечаниями и пожеланиями**, которые предоставили:

1. Анахаев К.Н. (д.т.н., главный научный сотрудник отдела «Математическое моделирование геофизических процессов» ИПМА КБНЦ РАН). Замечания к работе:

- из автореферата неясно – возможно ли использование представленной модели развития прорана грунтовой плотины для случаев частичного оползания низового откоса плотины при неполном верхнем бьефе, а также для расчёта прорывов естественных оползневых завалов в руслах горных и предгорных рек.

2. Бугаец А.Н. (к.г.н., ведущий научный сотрудник лаборатории Гидрологии и климатологии ТИГ ДВО РАН). Замечания к работе:

- в автореферате не приводится сравнение с возможностями современных моделей Deltares (Delft3D) и DHI (Mike21 и Mike3), которые, в контексте данного исследования, более сопоставимы со STREAM 2D CUDA;
- из текста автореферата не ясно, учитывалось ли влияние грунта разрушенной части плотин на гидродинамику потока и площадь затопления в нижних бьефах.

3. Косарев С.Г. (к.т.н., доцент, профессор кафедры Водного хозяйства, экологической и промышленной безопасности ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет»). Замечания и вопросы к работе:

- значение параметра «а» в формуле для равновесной концентрации на основании данных лабораторных экспериментов (лабораторные исследования К.Р. Пономарчук (2001) по размыву плотин из песка, а также размыв модели каменно-набросной плотины Горно-Алтайской ГЭС, в проведении экспериментов для которой принимал участие автор работы) рекомендуется назначать: для песчаных грунтов $a=5$; для крупнообломочных $a=7$. При переходе на крупномасштабную модель (натурный эксперимент размыва плотины Уаһекоу, высотой 5,6 м, грунт тела песчаный) удовлетворительное совпадение результатов расчетов и эксперимента достигается при $a=8,5$. Какие рекомендации предлагает автор по назначению параметра «а» при расчете гипотетической аварии реального объекта?

- Процесс подмыва и обрушения надводного откоса в процессе развития прорана носит циклический характер. Учитывается ли в предложенной модели этот процесс и каким образом?

4. Косиченко Ю.М. (д.т.н., профессор, главный научный сотрудник отдела перспективного научного развития ФГБНУ «РосНИИПМ»), Баев О.А. (к.т.н, старший научный сотрудник Гидротехнического отдела ФГБНУ «РосНИИПМ»). Замечания к работе:

- следует отметить, что разделение многофракционного грунта на три слоя позволяет более четко подойти к описанию этих слоев. При этом предполагается, что все фракции в первом слое равномерно перемешаны согласно процентному содержанию. Однако слоистое (неоднородное) залегание грунта не учитывается, хотя именно такое фракционное основание наносов часто наблюдается в природных условиях.

5. Лепихин А.П. (д.г.н., профессор, заведующий лабораторией проблем гидрологии суши ГИ УрО РАН). Замечания к работе:

- следовало бы дать более обширный обзор современных зарубежных исследований по рассматриваемой тематике;
- не дано описание, не приведен анализ уравнения водного баланса в верхнем бьефе плотины, определяющего начальные условия для используемого комплекса STREAM 2D CUDA. Данные характеристики очень существенно влияют на финальные параметры прорана;
- необходимо дать более развернутое обоснование ключевого соотношения (2), используемого для описания транспортирующей способности потока;
- для практического использования результатов исследования было бы весьма полезным привести оценку, анализ максимальных расходов воды, проходящих через проран, в зависимости от характеристики верхнего бьефа, параметров плотины;
- в работе не дана оценка роли и масштабов нелинейных эффектов, связанных с изменением вязкости потока, обуславливаемой очень высокой концентрацией наносов, возникающих при очень интенсивном формировании прорана.

6. Чалов Р.С. (д.г.н., профессор кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ). Замечания к работе:

- неясно, как учтена форма русла в нижнем бьефе;
- каково воздействие прорывных паводков на состояние русла?

7. Щербина В.И. (д.г.н., главный научный сотрудник филиала АО "Институт Гидропроект" - НИИЭС). Замечания к работе:

- на стр.14 реферата рассматриваются 4 варианта величины начального прорана, а потом делается ниоткуда не вытекающий вывод что, чем меньше начальный проран, тем больше расчет приближается к реальной ситуации;
- нельзя согласиться с выводом о том, что при расчете надводного откоса угол внутреннего трения грунта ($tg\phi$) следует увеличивать в 1,5-2 раза. Влажный песчаный грунт при небольшой высоте может держать угол откоса к 90° . Но это кратковременное явление в результате так называемого «кажущегося сцепления». Это ни в коем случае не может характеризовать свойства грунта и устойчивость откоса;
- на стр.16 «Грунт тела плотины представлен двумя фракциями: глинистым грунтом $D_{50} = 4$ мм, $D_{90} = 6$ мм». Это неверно, так как глинистые грунты имеют размер частиц от 0,0001 до 0,5 мм.

8. Ханов Н.В. (д.т.н., профессор, заведующий кафедрой гидротехнических сооружений ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева). Замечания к работе:

- анализируя полученные результаты, автор работы на стр. 14 отмечает, что “размер начального прорана практически не оказывает влияния на определяющие параметры волны прорыва, такие как максимальный расход излива, скорость понижения уровня в водохранилище, величину максимальных уровней затопления в нижнем бьефе, итоговые размеры прорана в теле плотины”. Можно было дать краткое физическое объяснение такой установленной закономерности на серии численных экспериментов.

Все отзывы положительные, в отзывах с замечаниями указано, что указанные замечания не снижают научно-квалификационного уровня и научной значимости работы.

В дискуссии приняли участие: доктор технических наук, главный научный сотрудник, заведующий Лабораторией моделирования поверхностных вод ИВП РАН Михаил Васильевич Болгов; доктор технических наук, главный научный сотрудник, заведующий Лабораторией гидрологического цикла суши ИВП РАН Лев Самуилович Кучмент; кандидат технических наук, главный научный сотрудник филиала АО "Институт Гидропроект" - НИИЭС Владимир Иванович Щербина; кандидат географических наук, старший научный сотрудник кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова Андрей Михайлович Алабян; доктор технических наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией динамики русловых потоков и ледотермики ИВП РАН Владимир Кириллович Дебольский; кандидат технических наук, заведующий отделом русловых процессов ГГИ Виктор Михайлович Католиков; научный руководитель ИВП РАН, доктор экономических наук, член-корреспондент РАН Виктор Иванович Данилов-Данильян.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований

разработаны универсальный расчетный метод и вычислительная технология определения характеристик развития проранов в грунтовых плотинах, формирования гидрографа излива и движения волны техногенного паводка в нижнем бьефе;

обосновано применение эффективного численного алгоритма решения уравнений мелкой воды в программном комплексе STREAM 2D CUDA, в частности, тестовыми задачами по обтеканию препятствий на дне и перелива через гребень треугольной плотины – водослива Крампа. **Гидродинамическое обоснование** STREAM 2D CUDA для расчетов формирования гидрографа стока с водосборной площади горных рек на примере р. Западный Дагомыс, где производилось сопоставление результатов моделирования с данными наблюдений;

получены числовые значения параметров физико-математической модели развития прорана в грунтовой плотине, а именно, коэффициенты в формуле равновесной концентрации и уравнениях диффузии подводных и надводных откосов прорана. **Даны рекомендации** их варьирования в зависимости от вида грунта, слагающего тело плотины;

проведена валидация физико-математической модели выполнена на данных крупномасштабного натурного эксперимента размыва песчаной плотины Yаhekou в Китае. **Было получено** удовлетворительное совпадение гидродинамических параметров (гидрографов излива, динамики изменения уровней воды в бьефах), профилей размыва, фото

эксперимента и 3-D визуализации результатов расчета на идентичные моменты времени;

описан весь технологический цикл работы с предлагаемой численной моделью от подготовки исходных данных, построения цифровой модели рельефа и расчетных сеток до задания граничных условий, последовательности выполнения расчетов и визуализации результата моделирования;

продемонстрирована возможность практического использования разработанной модели на базе программы STREAM 2D CUDA для ретроспективного и упреждающего моделирования аварий, связанных с образованием и развитием проранов в грунтовых плотинах.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

В предлагаемой автором физико-математической модели **учтены основные процессы**, происходящие при развитии прорана, а именно: продольный (вдоль течения) вынос грунта водным потоком, перенос частиц грунта во взвешенном состоянии, поперечное оползание (обрушение) откосов прорана с учетом фракционного состава. **Разработана** технология численного моделирования, **применимая** для расчета прорыва грунтовых плотин в различных сложных гидрологических и ситуационных условиях. Числовые значения параметров физико-математической модели **обоснованы** на основе данных физических лабораторных экспериментов. **Исследовано** влияние размеров и формы начального прорана на динамику его развития, гидрограф разлива через проран, скорость распространения паводковой волны и максимальные характеристики техногенного наводнения.

Предлагаемая **модель** развития прорана **впервые** обоснованно **учитывает** процессы гравитационных деформаций подводных и надводных откосов. **Рассмотрены и смоделированы** сценарии развития проранов в грунтовых плотинах, которые **не могли быть описаны** существующими расчетными методами или требовали разработки специальных частных моделей с узкой сферой применимости.

Предложенные методики дают возможность выполнять численное моделирование гидродинамических процессов и массопереноса грунта, происходящих при образовании проранов в грунтовых плотинах не принимая закон их развития априори. **Полученные результаты** могут быть использованы при проведении комплексных научных исследований в области обеспечения безопасности населения и объектов народного хозяйства от негативных последствий техногенных паводков.

Оценка достоверности результатов исследования **выявила обоснованность и достоверность** положений и выводов представленной диссертационной работы. Степень достоверности основных научных положений и результатов работы обеспечивается использованием фундаментальных законов физики и гидродинамики, экспериментальных и натурных данные о развитии проранов в грунтовых плотинах, в том числе сложенных неоднородным материалом. Разработанная методика была протестирована на данных физических экспериментов и реальных объектах, где получена хорошая сходимость результатов.

Личный вклад соискателя **состоит** в построении численных гидродинамических моделей объектов исследования, выполнении вариантных расчетов с использованием программного комплекса STREAM 2D CUDA; разработке практических рекомендаций по его совершенствованию на основе анализа устойчивости результатов моделирования к вариации параметров модели, а также способам и точности задания начальных и граничных условий; разработке технологии и практических приемов моделирования техногенных паводков,

продемонстрированных на реальных объектах; анализе и визуализации результатов моделирования.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, а также концептуальностью и взаимосвязью выводов. Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г.

На заседании 17 июня 2021 г. диссертационный совет Д.002.040.01 при ИВП РАН принял решение присудить Васильевой Екатерине Сергеевне ученую степень кандидата технических наук по специальности 25.00.27 — Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 25 человека (из них 6 докторов наук по специальности 25.00.36 и 19 докторов наук по специальности 25.00.27), участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 25, против – 0, воздержались – 0.

Председатель Диссертационного совета
д.э.н., чл.-корр. РАН



— В.И. Данилов-Данильян

Ученый секретарь Диссертационного совета
д.ф.-м.н.

М.А. Соколовский

«17» июня 2021 г.