

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт водных проблем Российской академии наук (ИВП РАН)  
Диссертационный совет 24.1.040.01

## СТЕНОГРАММА

ЗАСЕДАНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.040.01  
ПРИ ИВП РАН

от 22 декабря 2022 г.

### Повестка дни:

Защита диссертации па соискание ученой степени кандидата технических наук  
Федоровой Татьяны Александровны на тему «**Численное моделирование спрямления  
речных излучин**»

Научный руководитель

д.т.н., Беликов В.В.

Официальные оппоненты

д.г.н., Чалов С.Р.

к.т.н., Журавлев В.М.

Ведущая организация:

ФГБОУ ВО «Национальный  
исследовательский  
Московский государственный  
строительный университет»,  
НИУ МГСУ

### Стенограмма

Заседания Диссертационного совета 24.1.040.01  
при ИВП РАН

от 22 декабря 2022 г.

Председатель: д.э.н., чл.-корр. РАН В.И. Данилов-Данильян

Ученый секретарь: д.ф.-м.н. М.А. Соколовский

**Председатель:** Добрый день! Кворум у нас наконец собрался, с учетом тех, кто онлайн присоединяется к нам, двадцать три человека, а кворум двадцать, так что все в полном порядке, и вот начинаем наше заседание.

Д.э.н., чл.-корр. РАН Данилов-Данильян В.И. (1.6.16)

Д.ф.-м.н. Соколовский М.А. (1.6.16)

Д.т.н. Беликов В.В. (1.6.16)

Д.г.н. Белоусова А.П. (1.6.21)

Д.т.н. Болгов М.В. 1.6.16)

Д.ф.-м.н. Вавилин В.А. (1.6.21)

Д.ф.-м.н. Веницианов Е.В. (1.6.16)

Д.ф.-м.н. Вульфсон А.Н. 1.6.16)

Д.г.н. Гарцман Б.И. (1.6.16)  
Д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН Гельфан А.Н. (1.6.16)  
Д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН Гулев С.К. (1.6.16)  
Д.г.н. Даценко Ю.С. (1.6.21)  
Д.т.н Дебольская Е.И. (1.6.21)  
Д.т.н Дебольский В.К. (1.6.16)  
Д.г.н. Демин А.П. (1.6.16)  
Д.г.н. Добровольский С.Г. (1.6.16)  
Д.г.н., чл.-корр. РАН Завьялов П.О. (1.6.16)  
Д.ф.-м.н. Кучмент Л.С. (1.6.16)  
Д.г.н. Мотовилов Ю.Г. (1.6.16)  
Д.г.-м.н. Поздняков С.П. (1.6.16)  
Д.г.н Разумовский Л.В. (1.6.21)  
Д.т.н. Фролов А.В. (1.6.16)  
Д.г.н. Фролова Н.Л. (1.6.16)

У нас на повестке дня один вопрос – защита кандидатской диссертации Татьяны Александровны Федоровой. Диссертация называется «Численное моделирование спрямления речных излучин». Она защищается по специальности 1.6.16 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия на соискание ученой степени кандидата технических наук. Научный руководитель диссертации Виталий Васильевич Беликов, который еще подойдет, официальные оппоненты – доктор географических наук, доцент Чалов Сергей Романович из Московского университета, географического факультета и Михаил Валентинович Журавлев, кандидат технических наук, профессор университета морского и речного флота имени Макарова, кафедра водных путей и водных изысканий. Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». Я все сказал, что должен сказать председатель, открывая заседание, и мы начинаем с доклада. Сейчас, сначала сведения о соискателе. Михаил Абрамович нам скажет сведения о соискателе, а потом вы.

**Д.ф.-м.н. Михаил Абрамович Соколовский:** Добрый день, уважаемые коллеги. На имя председателя диссертационного совета поступило заявление от Татьяны Александровны с просьбой рассмотреть защиту ее диссертации, это заявление подписано и пошло в дело. Итак, Федорова Татьяна Александровна 1986 года рождения, является инженером лаборатории численного гидродинамического моделирования института водных проблем. В деле есть копия диплома об окончании Московского государственного университета, географический факультет, кафедра гидрологии суши. Есть также удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов: история и философия науки, иностранный язык и гидрология суши, водные ресурсы и гидрохимия, все экзамены сданы на «отлично». Есть заключение секции ученого совета и диссертационного совета о принятии к защите диссертации Татьяны Александровны. Кроме того, в деле имеется диссертация и автореферат, таким образом, весь необходимый набор документов существует, и нет никаких препятствий для того, чтобы мы могли начать защиту. Вот, пожалуйста.

**Федорова Т.А.:** Название моей работы – численное моделирование спрямления речных излучин. Развитие излучин, или меандрирование рек – вполне естественный процесс. Смещение динамической оси руслового потока обычно происходит за счет постепенного размыва вогнутых берегов на излучинах. Одновременно с этим противоположные берега нарастают за счет аккумуляции там наносов, поступающих с вышележащих участков реки. Постепенное, эволюционное развитие горизонтальных деформаций приводит к смыканию подмываемых берегов смежных излучин. Альтернативный вариант горизонтальных деформаций – это спрямление излучины, которая еще не достигла предельной стадии своего

развития – это так называемое «незавершенное меандрирование». В настоящее время именно физические механизмы такого «незавершенного меандрирования» представляют наибольший интерес. Они недостаточно изучены и, соответственно, нет опыта их численного моделирования и прогнозирования.

Сейчас существует довольно много численных физико-математических моделей разной мерности и степени детальности, описывающих как вертикальные русловые деформации, так и горизонтальные, приводящие к смыканию подмываемых берегов. Вместе с тем, возможности воспроизведения численными моделями процессов незавершенного меандрирования, то есть развития спрямляющей протоки через шейку излучины, остаются мало исследованными. Это и определило постановку решаемой в нашем исследовании задачи.

Диссертационная работа была направлена на разработку методов описания спрямления речных излучин в процессе незавершенного меандрирования с помощью численной гидродинамической модели, тестирование результатов расчетов по данным наземного и спутникового мониторинга, исследование возможностей применения разработанных подходов для прогноза развития спрямляющей протоки вследствие линейной и попятной эрозии.

В качестве инструмента исследования использовалась модель STREAM-2D\_CUDA, которая была разработана в нашем институте под руководством моего научного руководителя В.В. Беликова, которая имеет преимущества перед аналогичными разработками, как с точки зрения учета разнообразия механизмов вертикальной и горизонтальной деформации русел, так и по вычислительной эффективности.

Далее соискатель приводит описание основных блоков программного комплекса STREAM-2D\_CUDA и рассказывает о верификации гидродинамического блока (оценка влияния размеров ячеек сетки на точность решения) и блока русловых деформаций (моделирование опытов Кнороза, направленных на изучение самоотмостки русла при размыве смеси грунтов различной крупности).

По результатам выполненного моделирования реальных водных объектов были сформулированы 4 защищаемых положения (Далее соискатель продолжает излагать основные положения диссертации...)

Выводы по работе.

1. Концепция комплексного использования метода численного моделирования в совокупности с полевыми исследованиями и анализом данных дистанционного зондирования для исследования русловых процессов на равнинных реках реализована в масштабе времени, пригодном для применения в инженерных целях.
2. Ретроспективное моделирование с использованием программного комплекса STREAM 2D CUDA продемонстрировало его способность реалистично воспроизводить довольно сложные русловые деформации. Это подтверждает принципиальную возможность прямого численного моделирования развития излучин равнинных рек на основе двумерных физико-математических моделей. Моделирование позволило воспроизвести основные этапы и механизмы прорыва излучины – образование спрямляющей протоки, ее расширение и углубление, блокирование побочным и заиление старого русла.
3. Технологию ретроспективного моделирования в комплексе со специальными полевыми исследованиями можно рассматривать как первый шаг к использованию упреждающего моделирования для сценарного прогноза русловых деформаций, которое в свою очередь позволяет разрабатывать практические меры регулирования использования пойменных земель и минимизацию неблагоприятных проявлений русловых процессов.

4. Дальнейшее совершенствование технологии моделирования плановых русловых деформаций представляется перспективным направлением и может осуществляться посредством автоматизации процедуры изменения параметров шероховатости русла и поймы в результате русловых деформаций, а также сезонных и многолетних вариаций растительного покрова поймы.

Работа была представлена на конференциях и семинарах, в том числе международных. По теме диссертации было опубликовано 8 статей в рецензируемых журналах, в том числе 6 из них из баз Web of Science и Scopus.

**Председатель:** Доклад окончен. Ну что же, приступаем к вопросам. У кого есть вопросы по докладу?

**К.т.н. Долгополова Е.Н.:** Скажите, пожалуйста, а бывает ли лед на Пёзе?

**Федорова Т.А.:** Лед, конечно, бывает

**К.т.н. Долгополова Е.Н.:** -Она замерзает?

**Федорова Т.А.:** -Замерзает.

**К.т.н. Долгополова Е.Н.:** -А заторы? В области излучины? Они оказывают какое-то влияние? Или их там не бывает? И тает спокойно – бывает, что таяние происходит на месте, без заторов. Хотя место подозрительное, на то, чтобы устроить затор.

**Федорова Т.А.:** -Я сама, конечно, заторов не наблюдала, но я когда смотрела данные ежегодников, там ведь это обычно отмечается – я не встречала. Может быть, мне просто не повезло, года не те попались.

**К.т.н. Долгополова Е.Н.:** -Но они, в принципе, могли бы влиять существенно.

**Федорова Т.А.:** -Могли бы, да, я с Вами согласна.

**Председатель:** Еще вопросы, пожалуйста.

**Демиденко Н.А.:** У меня вопрос такой: процедурно – Вы проводили полевые исследования, работали со спутниковыми данными, и работали на модели. Вот соотношение трудозатрат, времени на полевые работы, на исследования, эксперименты полевые и модельные расчеты – соотношение трудозатрат, с учетом того, что модель разрабатывалась десятки лет, апробировалась, и что труднее, как соотносится это? Один методический подход к исследованию и другой?

**Федорова Т.А.:** Модель я не разрабатываю, я ее только использую. Но полевые работы – они интереснее и приятнее всегда. Без них никак нельзя. Они должны быть, поставлять данные для компьютерного моделирования. Начало построения модели всегда сложное, довольно мутное, зато потом, когда модель уже построена, и моделирование сценариев – это уже опять интересно, и это довольно быстрый процесс, особенно здесь, на Пёзе, где сетка не очень большая, поэтому расчет проводится не очень долго, час, наверное, или чуть меньше. На Урале расчет идет гораздо дольше, там сетка большая, там несколько дней.

**Демиденко Н.А.:** Спасибо.

**Председатель:** Еще вопросы. Наши дистанционные участники имеют вопросы?

**Д.т.н. Дебольская Е.И.:** Откройте, пожалуйста, девятый слайд. Это где лабораторные эксперименты. Размер самого объекта?

**Федорова Т.А.:** Размеры самого лотка – где-то порядка девяти метров в длину, а в ширину около тридцати сантиметров.

**Д.т.н. Дебольская Е.И.:** А немножко чуть-чуть подробнее, расскажите, пожалуйста, как-то

вы пролистали, это же очень интересно.

**Федорова Т.А.:** Зуйков проводил исследования в МГСУ, у него была очень высокоточная аппаратура, была, как он описывал, тефлоновая поверхность, трение практически отсутствовало. А наша задача была проверить, какую сетку можно наложить, чтобы наши расчеты совпали с его высокоточными результатами. Я строила ячейки различной крупности, совсем мелкая – это ячейки в один сантиметр, потом средние ячейки – это три сантиметра, и крупные ячейки – двенадцать сантиметров, такие, что на подъем треугольного водослива получается всего две ячейки. И по результатам получилось, что (смотря какая точность нам нужна), но даже крупные ячейки получаются более-менее нормальными. Но идеально подходит средний размер ячеек, он считает так же точно, как и мелкий размер ячеек.

**Д.т.н. Дебольская Е.И.:** То есть это вариант, когда у Вас трение минимальное?

**Федорова Т.А.:** Да

**Д.т.н. Дебольская Е.И.:** Вы верифицировали только часть гидродинамического блока, без трения практически?

**Федорова Т.А.:** Да, здесь только гидродинамику проверяли и размер ячеек сетки.

**Д.т.н. Дебольская Е.И.:** А шероховатости вообще не было?

**Федорова Т.А.:** Конечно, мы ставили шероховатость, девять тысячных мы ее ставили, минимальную практически.

**Д.т.н. Дебольская Е.И.:** Спасибо, интересно.

**Председатель:** Еще вопросы? Да, пожалуйста.

**К.г.н. Турькин Л.А.:** Скажите, пожалуйста, на основании проведенного моделирования, можно ли выделить основные причины незавершенного меандрирования?

**Федорова Т.А.:** Нет, моделирование показывает, что уже получилось. Например, как на реке Урал это могут быть прохождения экстремально высоких расходов воды, там это было в сто пятьдесят раз выше меженного. Или это постепенный размыв, постепенное развитие этой спрямляющей протоки, когда ежегодно немножко подмывает, и в результате линейной эрозии образуется прорва.

**Демиденко Н.А.:** Разрешите еще один вопрос. Татьяна Александровна, а рассматриваете ли Вы как причину человеческий фактор? Вот такая излучина, живут люди, и надо обходить двадцать километров по излучине, а вот тут по прямой прокопали, ну, после половодья промоина небольшая, сделали, часто так бывает. Возможен ли человеческий фактор?

**Федорова Т.А.:** Конечно, более того, в модели можно даже задать этот человеческий фактор. Мы строим русло, и в какой-то момент модель позволяет вот здесь прокопать что-нибудь. И как поведет себя модель в этом случае. Такое тоже возможно промоделировать. Но здесь такой задачи не стояло.

**Председатель:** Человеческий фактор в Федеративной Республике Германия так много поработал, что начали обратный процесс – восстановление Рейна. Пожалуйста, есть еще вопросы? Нет больше вопросов. Ни из зала, ни от дистанционных участников. Спасибо большое! Прошу, садитесь. И переходим к отзыву научного руководителя. Виталий Васильевич, пожалуйста.

**Д.т.н. Беликов В.В.:** Уважаемый председатель, уважаемые члены диссертационного совета, коллеги, как вы уже поняли из ознакомления с делом соискательницы, она закончила географический факультет МГУ и по образованию гидролог. После окончания университета она участвовала в многочисленных экспедициях под руководством Андрея Михайловича Алабяна, и в течение многих лет освоила в совершенстве технологию натуральных измерений, всю современную аппаратуру, то есть в этом плане она состоялась как такой гидролог. С

другой стороны, Татьяна Александровна уже много лет работает в моей лаборатории и освоила почти что в совершенстве программный комплекс STREAM-2D, и другие подходы к моделированию, и это позволило ей практически самостоятельно выполнить такую работу. Опыт моделирования, кроме того, что изложено в диссертации, она участвовала в разработке модели реки Амур, которую я докладывал, она участвовала в расчетах заиления Красногорского водохранилища в верховьях реки Кубань, там с неоднородным грунтом, шесть фракций наносов было, ямы-ловушки моделировались. Вот буквально дней десять назад она сделала работу, модельку двумерную речки Сёмжа, приливной. И, насколько я видел, там очень хороший результат получился. То есть это говорит о том, что она является специалистом и в численном моделировании. И хочу отметить еще один очень важный, на мой взгляд, фактор, свойство характера Татьяны Александровны, это ее научная смелость. Потому что, когда мы брались за эту задачу, вообще было непонятно, получится что-то, или не получится. Она смело приступила к решению этой задачи, несколько лет работала, и вот результат вы сегодня видели. Поэтому я считаю, что это созревший специалист, хорошо подготовленный ученый, гидролог и модельер, и прошу членов совета поддержать эту работу. Спасибо.

**Председатель:** Спасибо большое, Виталий Васильевич. Сейчас Михаил Абрамович зачитает отзывы, вернее, сделает, обзор на эти отзывы.

**Ученый секретарь:** Ведущая организация по защите Татьяны Александровны это Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». Я остановлюсь на замечаниях. Отзыв подписан заведующим кафедрой гидравлики и гидротехнического строительства, доктором технических наук, профессором Дмитрием Вячеславовичем Козловым и доцентом этой кафедры, кандидатом технических наук Назирой Тентимишовой Джумагуловой. Отзыв утвержден проректором института, доктором технических наук Тер-Мартirosяном. Отзыв положительный, в нем отмечается актуальность избранной темы, обоснованность, достоверность, новизна исследования, практическая значимость и излагается краткая структура диссертации. К диссертационной работе имеются следующие вопросы и замечания:

На странице 29 текста диссертации отмечено, что при больших скоростях течения  $|u|$  реализуется зависимость толщины слоя II от величины касательного напряжения на его поверхности, которая принимается пропорционально квадрату разности фактической и несдвигающей скорости потока для наиболее крупной фракции. Как определяется и какой скорости соответствует фактическая скорость  $|u|$ ? Осредненной по глубине потока, средней скорости по живому сечению или придонной?

Как указано выше, толщина слоя II зависит от величины касательного напряжения на его поверхности. А касательные напряжения за счет проницаемости русла имеют один порядок по величине с касательным напряжением, возникающем при транспорте потоком взвешенных частиц. Как это учтено в моделировании?

Из рисунков 2.1 и 2.2 видно, что II слой охватывает нижнюю границу тонкого поверхностного слоя донных отложений, в котором происходит массообмен с наносонесущим потоком, и может формироваться отмытка оченьмаленькой толщины. Для определения толщины этого слоя в формуле (2.4) учитывается только диаметр частиц наиболее крупной фракции обеспеченностью 50%. при этом известно, что на подвижность частиц в этом слое влияет подрусловое фильтрационное течение, оказывающее влияние на устойчивость русла.

В формуле (2.7) учитывается динамическая скорость течения, ее величина при наличии фильтрационного (подрусового) течения в два раза меньше, чем при его отсутствии.

Несдвигающая скорость в формуле (2.4) и по формуле Гончарова имеют разное обозначение? Кроме того, терминологически определение несдвигающей скорости, наверное, некорректно; скорее всего, под этой скоростью подразумевается неразмывающая скорость.

Что означают коэффициенты  $K_D$ ,  $K_U$  в формуле (2.4)? Каков их физический смысл? Это важно для формализации задачи, так как в рассматриваемом II слое происходит деформация дна русла.

Из текста диссертации неясно, учитывается ли при моделировании прорыва излучины на р. Пёза фракционный состав грунта? И, если нет, то почему?

Далее указывается, что, несмотря на указанные замечания, не умаляются положительные характеристики диссертационной работы, содержащей полезные научные и реальные результаты в области практической гидрологии.

Заключение. Диссертация Федоровой Татьяны Александровны является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему. обладает научной новизной, теоретической и практической ценностью, а научные положения, выводы и рекомендации имеют существенное значение для развития гидрологической науки. Оформление работы соответствует требованиям ГОСТ.

Диссертация выполнена автором самостоятельно на высоком научном уровне. Достоверность результатов и выводов обоснована. Автореферат объективно отражает основные положения диссертационной работы, материалы диссертации полностью содержатся в публикациях автора.

Диссертационная работа соответствует требованиям пп. 10-12 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.16 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

Отзыв о диссертации Федоровой Татьяны Александровны составлен по результатам обсуждения диссертационной работы и автореферата на заседании кафедры гидравлики и гидротехнического строительства ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» и принят единогласно 22 ноября 2022 г., протокол №5.

Далее. На автореферат поступило девять отзывов, три без замечаний. Это отзывы кандидата географических наук, начальника лаборатории геоэкологических исследований и экологического мониторинга, корпоративного научно-технического центра экологической безопасности и энергоэффективности ООО «Газпром ВНИИГАЗ» Унаняна Константина Левоновича. Второй отзыв без замечаний подписан Демидовым Валерием Витальевичем профессором кафедры эрозии и охраны почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, доктором биологических наук. И третий отзыв без замечаний подписан Анахаевым Кошкинбаем Назировичем, главным научным сотрудником отдела «Математическое моделирование геофизических процессов» Института прикладной математики и автоматизации Кабардино-Балканского научного центра РАН.

Остальные отзывы содержат небольшие замечания.

Отзыв Романа Сергеевича Чалова, доктора географических наук, профессора кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ содержит такое замечание по автореферату:

Кажется несколько «смазанным» анализ применения численной модели к прогнозированию спрямления речных излуцин. Не вызывает сомнения, что это есть в самой диссертации, так как звучало в докладе на семинаре научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов имени Маккавеева.

Отзыв заведующего лабораторией проблем гидрологии суши гидрологического института Уральского отделения РАН доктора географических наук профессора Лепихина:

В данном автореферате следует указать следующие замечания. В настоящее время за

рубежом также активно занимаются разработкой подобных программ расчетов динамики русловых процессов. В представленном обзоре современных программных продуктов, используемых для описания русловых процессов, недостаточно корректно указана специфика для наиболее известных из них;

1. Delft (Нидерланды)
2. RiverFlow\_2D (США). Тоже воспроизводит все вышеперечисленные условия расчета, как Delft, а также горизонтальные деформации, развитие проток на пойме, кроме того, используется численный метод конечных объемов, который обладает высокой стабильностью счета и точностью расчетов и позволяет рассчитать места гидроразрыва.

вызывает сомнение эффективность модуля распараллеливания при решении задач с весьма ограниченным количеством расчетных ячеек (37329 ячеек для модели р. Пёзы и 96289 ячеек для модели р. Урал)

не представлен краткий обзор результатов расчетов при использовании обычного персонального компьютера и с графическим ускорителе GPU.

В то же время сравнительный анализ проведенных вычислительных экспериментов на моделях речной гидродинамики при расчетах на процессорах и с использованием графических ускорителей GPU показывает, что в моделях до 50000 элементов практически нет разницы между ними, время счета сопоставимо или отличается максимум в 2-5 раз. В то же время на больших сетках с  $10^6$  и более элементов скорость счета увеличивается при использовании GPU очень существенно, более, чем в 100 раз.

Несмотря на указанные замечания, диссертационная работа Федоровой Татьяны Александровны представляет собой законченное научное исследование, имеющее существенное значение для решения задач моделирования русловых процессов, и представляет значительный практический интерес. Она отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям, представленным на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.16 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия, а ее автор заслуживает присуждения ей степени кандидата технических наук.

Следующий отзыв подписан ведущим научным сотрудником Лаборатории исследований и моделирования геоэкологических процессов Северо-Западного отделения Института океанологии имени П.П. Ширшова РАН, доктором географических наук Коробовым Владимиром Борисовичем. Отзыв содержит следующее замечание:

Из автореферата неясно, испытывает ли исследуемый участок Пёзы воздействие приливных колебаний уровня Белого моря, оказывающих заметное влияние на все природные процессы, которые в устье Мезени превышают 9 м и доходят до места впадения Пёзы в Мезень.

Автореферат диссертации дает полное представление о выполненной работе, он написан квалифицированно, лаконично и хорошо иллюстрирован. Представленный автореферат отвечает требованиям, установленным ВАК РФ. Содержание автореферата соответствует паспорту специальности 1.6.16 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия, а ее автор достоин присуждения искомой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.16 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

Отзыв, подписанный Сенчуковым Германом Александровичем, заместителем директора по науке в области водных проблем Федерального государственного бюджетного учреждения «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», кандидатом технических наук.

Как известно, методика – это некий готовый алгоритм для проведения каких-либо нацеленных действий. В автореферате описаны общие подходы к разработке



гидродинамической модели (исходные данные, граничные условия, калибровка) и поэтому не совсем понятно, в чем заключается методика автора;

Одной из задач данной работы заявлялось исследование чувствительности численного решения к размеру ячеек расчетной сетки, оценка оптимального соотношения размера ячеек сетки и геометрического размера моделируемого водного объекта. Вероятно, такая задача предполагает некие критерии оптимально качества ячеек в зависимости от размера моделируемого водного объекта. Но в данном случае в автореферате такие критерии отсутствуют. Приведены только размерности двух сеток по объектам, для которых выполнялось моделирование.

Отзыв, подписанный Александром Тимофеевичем Зиновьевым и Константином Валерьевичем Марускиным, они представляют Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН. Замечания по автореферату.

Применялась ли при моделировании спрямлений излучин реки Урал процедура адаптации коэффициентов шероховатости русла и поймы в ходе процесса развития? Если нет, то почему? Заметим, что в таком случае возникает противоречие с третьим защищаемым положением работы;

Вероятно, определенное влияние на результаты моделирования оказывает конструкция расчетной сетки. В работе участки поймы по пути вероятного спрямления излучин покрывались «русловыми» (прямоугольными) элементами. Однако не всегда возможно идентифицировать эти пути. Как поведет себя модель, если пойма покрыта однородными треугольными элементами?

Занимаясь моделированием процесса спрямления излучин (развитием прорана), автор мало внимания уделяет тем морфодинамическим процессам, которые происходят на нижележащих участках реки, как в ходе, так и после спрямления. Подчеркнем, что это и не являлось основной задачей работы. Однако было бы весьма интересно оценить возможности программного комплекса в этом плане.

Отзыв, подписанный кандидатом технических наук, доцентом по специальности гидравлика и инженерная гидрология, ведущим научным сотрудником и заведующим отделом русловых процессов Государственного гидрологического института Виктором Михайловичем Католиковым. Замечания:

Из автореферата не совсем ясно, каким образом в процессе моделирования значения коэффициентов шероховатости вдоль трассы спрямления излучины уменьшались по мере срыва растительного покрова поймы до 0.05-0.08? И каким образом произошло «увеличение шероховатости зарастающих участков старого русла до 0.03»? Ведь эти коэффициенты шероховатости существенно влияют на перераспределение течений по пойме реки и если предлагаемая технология предусматривает «ручное» субъективное управление значениями коэффициентов шероховатости в процессе расчета, то это снижает достоверность получаемых в конечном счете результатов моделирования гидравлики потока.

Можно сделать еще ряд небольших технологических замечаний в представленной работе, но они не носят принципиального характера и не изменяют общей ее положительной оценки. Однако, в силу того, что Федорова Татьяна Александровна сама назвала представленные результаты «первым опытом применения численной модели для воспроизведения и прогнозирования спрямляющей протоки при незавершенном меандрировании, включая процессы прорыва излучин, линейной попятной эрозии поверхности шейки излучины, расширения спрямляющей протоки, а также заиления и отмирания прорванных излучин» и планирует «дальнейшее совершенствование технологии моделирования горизонтальных русловых деформаций», следует обратить ее внимание на следующее:

В автореферате нет ни одного слова от том что при гидродинамическом моделировании всех указанных процессов на модель через ее верхний створ поступали донные руслоформирующие наносы. Не те наносы, которые формируются в пределах модели в результате «диффузии дна», а транзитные руслоформирующие наносы, которые определяют интенсивность развития всех внутрирусловых средних форм: пляжей и побочней, и, следовательно, интенсивность плановых деформаций излучин. При отсутствии «подачи» донных наносов через верхний расчетный створ наш моделируемый участок оказывается в пределах участка дефицита руслоформирующих наносов, что-то вроде нижнего бьефа плотин, для которых характерно общее вертикальное врезание русла на участках большой протяженности.

Поэтому нам представляется, что «дальнейшее совершенствование технологии моделирования горизонтальных русловых деформаций может осуществляться» не посредством «автоматизации процедуры изменения параметров шероховатости русла и поймы в результате русловых деформаций. а также сезонных и многолетних вариаций растительного покрова поймы», а путем корректного учета влияния транзитных донных руслоформирующих наносов на процессы планового развития излучины и спрямляющих их проток.

Значит, это все отзывы.

**Председатель:** Вы будете отвечать сейчас, или после того, как выступят оппоненты?

**Федорова Т.А.:** После.

**Председатель:** Так, ну что ж, коллеги, в таком случае будем слушать наших оппонентов. Как я уже говорил, первый оппонент у нас Сергей Романович Чалов, доктор географических наук, доцент географического факультета Московского государственного университета. Пожалуйста.

**Д.г.н. Чалов С.Р.:** Уважаемый председатель, уважаемые коллеги, читать работу Татьяны Александровны это было занятие приятное. Начну с того, что тема посвящена природному явлению, которое украшает русловые процессы и в этом аспекте вся сильная сторона работы и представлена, и соответственно, здесь работа, которая защищается на кандидата технических наук. Я, когда делал первый вариант отзыва, я написал, что эта работа на кандидата географических наук, и это не случайно, потому что работа очень комплексная, в плане подходов и в плане того, как представлен объект исследования. Здесь есть и настоящая география, и русловые процессы в довольно сильном описательном аспекте и есть результаты применения модели. Сильнейшая сторона работы, о которой я должен сказать, это непосредственно тот результат, касающийся тех защищаемых положений, связанных с успешным применением модели для воспроизведения прорыва излучины. Здесь достаточно полноценный емкий результат, который определяет успех самой диссертации и не оставляет никаких сомнений, что речь идет о том, что диссертация должна быть поддержана и соискатель должен получить искомое звание. Должен ли я сказать общие вещи о диссертации, которую читал? Тогда я перейду к соображениям, касающимся критической части диссертации. Соображения, вопросы, замечания. Есть общие замечания, касающиеся этой вводной части, литературного обзора. На мой взгляд, он немного не соответствует передовым стандартам. Там нет достаточного количества обзора зарубежной литературы, как по фактологии прорыва излучин, так и про моделирование. Какие-то сюжеты, может быть, обогатили бы работу. Одновременно одной из сильнейших сторон исследования является обзор моделей, который был представлен в докладе, и соответственной, здесь есть некий дуализм в оценке. С одной стороны, обзор не был основной частью работы, с другой стороны его смещение явно ушло в сторону моделей, а не обзору самого исследуемого процесса. Одновременное еще одно замечание, у меня у самого оно вызывало некое неоднозначное восприятие. Терминология в русловых процессах – это отдельная специфическая песня, произошедшая из лоцманских карт девятнадцатого века с огромным количеством

специфических, специальных терминов, в которых иногда очень сложно разобраться и сложно их воспроизвести, есть всякие красивые термины, как «огрудки», «осередки», это все насыщает речь, и часто в русловых процессах они остаются. У Татьяны здесь присутствует насколько таких терминов, которые у меня (не претендую ни в коем случае на какое-то особое знание терминологии) вызывают вопрос: «попятная эрозия» и слово «самоотмостка». Будет интересно услышать комментарий диссертанта, насчет того, насколько это термины созданы в рамках исследования или они общепринятые, но, тем не менее, вопросы у меня такие возникли. И по общим емким базовым замечаниям по самой работе.

Недостаточно в работе (и это тоже чувствуется в отзывах, которые получены, которые сейчас зачитывались) информации об исходных данных, которые применялись при моделировании, соответственно – исходная батиметрия как-то вскользь совсем упомянута, нерасшифрована.

Дальше все критерии моделирования, особенно с посылом, что создан алгоритм автоматизации задания коэффициентов шероховатости. Он не подкреплён в достаточной мере соответствующим анализом этой последовательности о том, как же проводилось это изменение коэффициентов шероховатости. Таким образом, возникает вопрос, в чем, по мнению автора, заключается этот алгоритм автоматизации учета шероховатости?

Не с технической стороны, а больше с географической. В описании, зачастую очень богатом, и содержащем баланс между процессом моделирования и описания сюжета с прорывом излучины недостает каких-то критериев, которые бы позволили подкрепить безусловно бесспорные выводы о том, что результат моделирования успешный. Соответственно, этот успех моделирования, учитывая, что это значимая часть работы, мог бы быть подтвержден какими-то конкретными количественными оценками.

И четвертое, последнее соображение, оно в большей степени носит характер такого поощрения дальнейшей деятельности. Создан инструментарий, который, безусловно, содержит в себе множество преимуществ для изучения этого природного процесса. Все возможности этого инструментария в работе не реализованы, да этого и быть не могло. Тем, кто занимается речными наносами, в частности, очень бы хотелось увидеть оценки, касающиеся баланса материала, который поступает в русловую сеть в результате прорыва, и, таким образом, может быть, получить приоткрытую историю о наиболее сложной части эрозионно-аккумулятивного процесса – о формировании стока наносов, русловой составляющей. Явно показано, что этот сюжет вытекает из возможностей применения модели, результатов моделирования, но он тут оказался за пределами работы. Но этим хорошо заканчивать отзыв, потому что несомненно это та часть, которая как раз у Татьяны, учитывая то, что она, как сказал научный руководитель буквально перед диссертацией уже разрабатывала новые модели уже на другие объекты. Светлая дорога в научное будущее совершенно очевидна, с более широким спектром применения тех результатов, которые получены в работе.

У меня не вызывает никаких сомнений, что можно зачитать вот эту вещь, обязательную в отзывах, что ее автором решена важная в общенаучном методологическом плане и для решения конкретных практических вопросов задача. Результаты работы обоснованы, достоверны и представляют значимый научный интерес. Работа Татьяны Александровны Федоровой соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему искомой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.16 Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия. Я считаю, что члены комиссии имеют все основания проголосовать за эту работу.

**Председатель:** Спасибо, Сергей Романович. Второй оппонент у нас Михаил Валентинович Журавлев, кандидат технических наук, профессор из Санкт-Петербургского Государственного университета морского и речного флота.

**Ученый секретарь:** Отзыв у нас имеется. Я остановлюсь только на замечаниях, которых здесь

одно.

Спорным является утверждение автора работы (стр. 22) о том, что математическое моделирование является единственной альтернативой физическому моделированию при исследовании транспорта наносов и русловых деформаций. Также утверждается, что достоверность результатов гидравлического моделирования и возможность его применения в практических целях до сих пор является дискуссионным вопросом. При этом проверка блока модели, воспроизводящего русловые деформации в условиях самоотмостки дна, проводилась на основе лабораторных экспериментов В.С. Кнороза.

Это единственное замечание, а в заключении указано, что диссертационная работа Федоровой Татьяны Александровны является законченной научно-квалификационной работой, основанной на оригинальном фактическом материале, авторских подходах и наработках, включая планирование и выполнение экспедиционных гидрологических исследований, ориентированных на получение натуральных данных для численного моделирования русловых процессов.

Диссертационная работа выполнена автором самостоятельно на высоком уровне. Полученные автором результаты, обладают научной новизной, имеют теоретическое значение и могут быть использованы при решении ряда практических задач, связанных с прогнозом развития меандрирующего русла и разработкой мероприятий по его регулированию и предотвращению опасных проявлений русловых процессов. Работа написана технически квалифицированно, аккуратно оформлена, имеет достаточное количество иллюстраций, графиков, таблиц. Автореферат объективно отражает основные положения диссертации.

Диссертационная работа Федоровой Татьяны Александровны полностью соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор достоин присуждения искомой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.16 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

**Председатель:** Татьяна Александровна, отвечайте на все вопросы сразу.

**Федорова Т.А.:** Я начну с замечаний оппонентов. Сергей Романович, по поводу того, что отсутствуют данные об исходной батиметрии, заданной для моделирования спрямления излуины р. Пеза. Какие начальные условия заданы в модели? В 2019 году проводились полевые измерения, включавшие в себя, в том числе, промеры глубин. Рельеф поймы брался с топокарт, уточнялся по полевым измерениям высоты пойменных бровок, а конкретно по трассе прорыва излуины отметка линейно уменьшалась от верхнего крыла излуины к нижнему.

Как проводилось изменение коэффициентов шероховатости по мере изменения русла р. Пеза? Во второй главе (на стр. 25) сказано, что в первом приближении значения коэффициента шероховатости могут быть назначены, исходя из характера русла и поймы на моделируемом участке с использованием таблиц Срибного, Чоу и Карасева, выдержки из которых также приведены. Вопросом подбора точных значений коэффициента шероховатости посвящено 32 страницы текста третьей главы. По результатам ретроспективного развития русла реки Пёза один из выводов гласит, что (стр. 83) изменения значений коэффициентов шероховатостей внутри диапазонов, характерных для соответствующих типов русел и пойм позволяет адекватно воспроизвести основные этапы механизма прорыва излуины. В таблице 3.4. отражена этапность изменения коэффициентов шероховатости на различных морфологических участках по мере деформации русла и поймы.

Какие количественные показатели используются для оценки достоверности моделирования горизонтальных деформаций? Проводилось визуальное сопоставление космических снимков и результатов моделирования. Вопрос о квалиметрии модели такого рода в настоящее время только разрабатывается. На современном этапе нам представляется достаточным оценка направленности и интенсивности русловых деформаций на качественном уровне. Одним из

возможных направлений при оценке эффективности модели является демонстрация ее возможностей отразить определенные процессы и механизмы. Такие, например, как будет прорыв или не будет, произойдет ли он в результате линейной эрозии или попятной, будет ли происходить заиливание старого русла или нет и так далее. Оценка темпов этих процессов применительно к квалиметрии модели это вопрос предстоящих исследований.

Насчет сведений о движении наносов, объемах эрозии и аккумуляции. Да, замечание принимается, это было бы полезно, тем более техническая возможность для этого имеется.

По терминологии: Да, регрессивная эрозия – используется чаще, чем «попятная» или «пятящаяся» но все эти термины встречаются в географической литературе. Но мне больше нравится русское слово, а не заимствованное. Отмостка и самоотмостка – по сути одно и то же, я думаю, различие только в том, что географы говорят про «отмостку», а «самоотмостка» говорят гидротехники и строители, имея в виду, что отмостка сформировалась сама, а не человек с лопатой ее сделал.

Далее отзыв Журавлева. Касательно его, о том, что я недооцениваю физическое моделирование, и в то же время пользуюсь результатами экспериментов для тестирования модели. Я здесь не вижу противоречия, так как математически описать течение воды в физической модели можно, а построить физическую модель естественного водного объекта практически невозможно – приходится бороться со всякого рода масштабными эффектами. Например, изменяя соотношения горизонтального и вертикального масштаба физической модели.

Ведущая организация. Там много вопросов по формулам. Какое значение скорости мы используем? Берется осредненная по глубине потока скорость течения, которая определяется численно из решения уравнений Сен-Венана в центре каждой расчетной ячейки сетки.

Вопрос о касательных напряжениях. В рамках приближения мелкой воды касательные напряжения на поверхности активного слоя определяются средней по глубине скоростью течения воды. Влияние взвешенных наносов на величину касательного напряжения не учитываются в силу допущения об их достаточно малых концентрациях.

По поводу фильтрационного течения. Подрусловое фильтрационное течение в модели не рассчитывается. Его влияние на устойчивость активного слоя может быть учтено через величину несдвигающей скорости.

Про динамическую скорость. Динамическая скорость потока рассчитывается по известной формуле (по определению) и не зависит от наличия фильтрационного течения

Несдвигающая и неразмывающая скорости: Одно и то же. В модифицированной формуле Гончарова (2.5) несдвигающая скорость имеет верхний индекс  $f$ , т.е. номер фракции, а в формуле (2.4) индекс  $max$ - для фракции максимального диаметра. В формуле (2.4) фигурирует именно несдвигающая скорость, которая (по Гончарову) в корень из 2 раз меньше неразмывающей. Многие авторы, включая авторов, их различают.

Коэффициенты: Действительно, забыли в тексте диссертации привести значения этих коэффициентов.  $K_D=1.5$ ,  $K_U=1.0$ .

Учитывался ли при моделировании Пёзы фракционный состав грунта? Нет, не учитывался, поскольку грунт был по факту гидравлически однородным.

Далее ответы на замечания к автореферату. Замечание Зиновьева. Применялась ли при моделировании спрямлений излучин реки Урал процедура адаптации коэффициентов шероховатости русла и поймы? В некоторых случаях без этого можно обойтись, и Урал как раз такой пример, так как там очень велик диапазон изменения расходов воды и глубины затопления поймы. Про конструкцию расчетной сетки. В работе участки поймы по пути

вероятного спрямления излучин покрывались «русловыми» (прямоугольными) элементами. Как поведет себя модель, если пойма покрыта однородными треугольными элементами? На Урале вся излучина и пойма вокруг нее покрыта треугольниками, как раз потому, что мы не знали, где именно возможен прорыв. Как поведет себя модель – будет считать в два раза дольше. Автор мало внимания уделяет тем морфодинамическим процессам, которые происходят на нижележащих участках реки, как в ходе, так и после спрямления. Да, при моделировании Урала, из-за особенностей морфологии долины (очень широкая пойма), приходилось брать большой участок разгона модели. И выше по течению можно было наблюдать спрямление еще одной излучины. Ниже тоже происходили интересные деформации. Но, как сказал автор отзыва, это не являлось основной задачей. Но мы тоже обратили на это внимание.

Отзыв Католикова Виктора Михайловича. Из автореферата не совсем ясно, каким образом в процессе моделирования значения коэффициентов шероховатости вдоль трассы спрямления излучины уменьшались по мере срыва растительного покрова поймы до 0.05-0.08? И каким образом произошло «увеличение шероховатости зарастающих участков старого русла до 0.03»? Про шероховатости я уже ответила Сергею Романовичу, надеюсь подробно достаточно. В автореферате нет ни одного слова от том что при гидродинамическом моделировании всех указанных процессов на модель через ее верхний створ поступали донные руслоформирующие наносы. Что касается входного расхода наносов: Модель позволяет подавать на вход любой расход наносов, в том числе образующийся на выходе модели. Однако мы пошли по другому пути, включив в модель достаточно протяженный участок реки выше по течению, на котором поток насыщается руслообразующими наносами до подхода к интересующему нас узлу.

Отзыв Коробова. Из автореферата неясно, испытывает ли исследуемый участок Пёзы воздействие приливных колебаний уровня Белого моря, оказывающих заметное влияние на все природные процессы, которые в устье Мезени превышают 9 м и доходят до места впадения Пёзы в Мезень. Нет, хотя до устья Пёзы действительно доходит приливная волна, но наш участок находится в 60 км от устья, и туда она уже не доходит.

Отзыв Лепихина. В представленном обзоре современных программных продуктов, используемых для описания русловых процессов, недостаточно корректно указана специфика для наиболее известных из них. Да, в автореферате этому не уделено особого внимания, но в тексте диссертации этому посвящен раздел 2.3. Вызывает сомнение эффективность модуля распараллеливания при решении задач с весьма ограниченным количеством расчетных ячеек. Такие эксперименты проводились моими коллегами, и на сетке в 50 000 ячеек ускорение было примерно в 10 раз. Не представлен краткий обзор результатов расчетов при использовании обычного персонального компьютера и с графическим ускорителе GPU. Все расчеты проводились на персональном компьютере.

Отзыв Сенчукова. В автореферате описаны общие подходы к разработке гидродинамической модели (исходные данные, граничные условия, калибровка) и поэтому не совсем понятно, в чем заключается методика автора. В диссертации подробно описаны все процедуры работы с моделью от построения сеток до анализа полученных результатов. Исследование чувствительности численного решения к размеру ячеек расчетной сетки, оценка оптимального соотношения размера ячеек сетки и геометрического размера моделируемого водного объекта. Исследование размеров ячеек сетки являлось отдельной задачей, которая решалась посредством моделирования лабораторного эксперимента, и решение этой задачи позволило выбрать размеры ячеек уже для практической задачи.

Отзыв Чалова Романа Сергеевича. Кажется несколько «смазанным» анализ применения численной модели к прогнозированию спрямления речных излучин. Вообще прогноз русловых процессов всегда многовариантен. И как раз предлагаемый метод позволяет провести сценарное моделирование на основании прогноза определяющих факторов, главным

образом, речного стока. Все.

**Председатель:** Переходим к общей дискуссии. Кто хочет высказаться? Прошу присутствующих и тех, кто он-лайн... Всеволод Михайлович, пожалуйста.

**К.г.н. Морейдо В. М.:** Уважаемый председатель, уважаемые члены диссертационного совета, коллеги! Я бы хотел поддержать эту работу и попросить вас сделать это, не только ввиду тех достижений, которые Татьяной Александровной были сделаны в ходе ее исследования, но и чтобы поддержать всю школу направления численного гидродинамического моделирования, которое здесь сложилось. И Татьяна Александровна подтвердила свой статус уже ученого в этой школе, она уже может готовить следующее поколение и привлекать научные кадры, выступать в качестве ученого-руководителя нового поколения, что я считаю обязательно надо сделать в ближайшем будущем. И всячески этого Вам желаю.

**Председатель:** Спасибо, Всеволод Михайлович. Кто еще хочет выступать? Из дистанционных участников никто не хочет? Коллеги, ну тогда пока я скажу несколько слов, мне тоже очень понравилась диссертация. Я в последнее время тоже сталкивался с русловыми процессами и вижу, насколько это важно и насколько интересно. Так что, это точно шаг в верном направлении. Но кто-то тут из оглашенных отзывов призывал решать задачу на оптимальный размер сетки. Это, конечно же чепуха, чего уж тут скрывать, такую оптимизационную задачу решать не надо, и практика давным-давно нашла, как обойтись без этого. Просто когда очередное измельчение сетки уже не дает приращения точности в результатах, надо прекратить этот процесс – вот и вся оптимизация. Так что тут можно было ответить на это замечание вполне определенно. Ну и также как Всеволод Михайлович, я констатирую, что у нас сложилась школа Виталия Васильевича, и это чрезвычайно отрадно. Здесь есть и практические результаты, постоянные причем, и научные с точки зрения разных направлений, так что я надеюсь, что сегодня мы дружно проголосуем за присуждение степени кандидата технических наук Татьяне Александровне.

**Демиденко Н.А.:** Разрешите я скажу.

**Председатель:** Пожалуйста.

**Демиденко Н.А.:** Демиденко Николай Александрович, институт океанологии, раньше я работал в ГОИНе. Уважаемый председатель, коллеги, Татьяна Александровна, я очень рад, что представлена эта работа, так как эта работа как бы финал наших экспедиций. Я – участник экспедиций, которыми руководила Татьяна Александровна. Очень приятно, когда руководит такая красивая девушка, и ты выполняешь ее указания. Мы проводили исследования: отбирали пробы, измеряли течения, расходы; делали весь комплекс гидрологических работ, который проводился на Пёзе. А Пёза – это приток Мезени, Мезенского эстуария. Я всю жизнь занимаюсь Мезенским эстуарием, Кулоем и притоками, которые впадают. И Пёза является составляющей расхода Мезени, мы делаем расход Мезени в Малонисогорское и Пёзы в Игумново, где находится водпост. Поэтому нам было интересно знать те процессы. И мы когда исследования проводили, заинтересовались этим объектом, и Татьяна Александровна представляет географизм этого объекта. И когда еще в институте энергетических сооружений Виталий Васильевич работал, мы вместе сотрудничали по проектированию Мезенской приливной электростанции. И мы знакомы с теми моделями, которые он разрабатывал и рады, что это сначала были водные потоки, потом появились русловые процессы и транспорт наносов. Вот есть модели Дельфт или Майк 21, на них мы пытались работать, но таких результатов не получили как благодаря модели Стрим. Она более широко у нас известна, и на ней многие специалисты работают, и то, что делала Татьяна Александровна, она понимает процессы реально. Те выводы – они географичны, но и техническая часть там, ведь она претендует на кандидата технических наук. Я не могу о деталях судить, но это соответствует достоверности тех процессов географических, которые происходят, и очень важно для хозяйственного использования, потому что там сейчас проблема в этом населенном пункте. Он находился на дороге этот пункт, там Игумново и Бычьё – два населенных пункта; и тут эту

излучину отрезало, может быть там местное население что-то сделало – прорыли, подкопали? И теперь там надо строить мост, переправу, потому что они находятся на другом берегу, и весной они почти два месяца отрезаны от большой земли, и это проблема. И такие расчеты можно и для других объектов делать, можно рассчитать. Считаю, что это реально большое достижение в научной работе. Призываю всех членов ученого совета проголосовать за эту работу очень положительно. Хорошее впечатление, спасибо.

**Председатель:** Спасибо. Еще нет желающих?... Ну что ж, тогда Вам заключительное слово.

**Федорова Т.А.:** Я хочу поблагодарить коллектив всей нашей лаборатории, потому что мне очень помогали, обучили работать с этой моделью, всем большое спасибо. И сотрудникам института спасибо. Большое спасибо моему мужу, благодаря которому я вообще начала это всё делать.

**Председатель:** Так, заключение. Все члены ученого совета получили? Есть замечания? Борис Ильич?

**Д.г.н. Гарцман Б.И.:** Да, техническое. Три отзыва на реферат без замечаний, как Вы и докладывали, Михаил Абрамович, но фамилии там другие.

**Председатель:** Поправим, не проблема. Еще есть какие-нибудь замечания по заключению совета? Нет. Ну, тогда можем голосовать. Так, мы голосуем открыто, отдельно здесь, отдельно дистанционно, потом складываем. Уважаемые члены совета, прошу вас поднять руки, кто за то чтобы присудить искомую ученую степень Федоровой Татьяне Александровне.

Идет открытое голосование.

**Председатель:** Пятнадцать. Так, кто против такого решения? Против не вижу. Так, не знаю как теперь это называть? – Чей бюллетень недействителен? Таких нет. И как там дистанционные участники члены совета, поднимите руки, кто за то чтобы присудить степень? Восемь. Из восьми дистанционных участников восемь проголосовали за. Ну что ж, коллеги, надо поздравлять. На этом наше заседание закончено.

Заключение принимается в следующей редакции:

**Заключение диссертационного совета 24.1.040.01 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 24.1.040.01 от 22.12.2022 № 11/2022

О присуждении **Федоровой Татьяне Александровне** (гражданке РФ) ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «**Численное моделирование спрямления речных излучин**» по специальности 1.6.16 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия **принята к защите 16.09.2022г.** (протокол № 8/2022) диссертационным советом 24.1.040.01 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 24.1.040.01 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 № 1359/нк от 15 декабря 2021 года.

Соискатель **Федорова Татьяна Александровна** 1986 года рождения, в 2008 году **окончила** кафедру гидрологии суши Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова по специальности «гидрология». С 2009 года **работала** в ЗАО «Центр практической геоэкологии «О плюс К» в должности инженера. В 2015 году **поступила** в аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт водных проблем Российской академии наук, а с 2016 года **работает** в ИВП РАН в должности инженера.

**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, главный научный сотрудник, заведующий Лабораторией численного гидродинамического моделирования Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института водных проблем Российской академии наук.

#### **Официальные оппоненты:**

1. Чалов Сергей Романович – доктор географических наук по специальности 25.00.27, доцент кафедры гидрологии суши географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

2. Журавлев Михаил Валентинович – кандидат технических наук по специальности 05.22.17, доцент, профессор кафедры водных путей и водных изысканий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова»

**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 Н.Т. Джумагуловой, утвержденном проректором НИУ МГСУ, доктором технических наук, доцентом А.Р. Тусниным, указал, что диссертация Федоровой Татьяны Александровны является законченной научно-квалификационной работой, в которой решены задачи совершенствования методов прогноза русловых деформаций рек численным гидродинамическим моделированием. Актуальность темы исследований не вызывает сомнения, а полученные результаты являются значимыми и применимыми в практической деятельности соответствующих структур и организаций гидролого-водохозяйственного профиля.

**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 10 опубликованных работ** по теме диссертации, в том числе 6 статей в научных журналах и изданиях, которые входят базы данных *Web of Science* и *Scopus* и 2 в рецензируемых научных изданиях из списка ВАК; 2 работы опубликовано в материалах международных конференций.

#### **Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:**

##### В рецензируемых журналах:

1. **Федорова, Т.А.** Моделирование прорыва излучины при свободном меандрировании / **Т.А. Федорова**, А.М. Алабян, В.В. Беликов // *ГеоРиск*. – 2021. – Том XV, № 1. – С. 28-42. DOI: 10.25296/1997-8669-2021-15-1-28-42.
2. **Федорова, Т.А.** Численное моделирование через гребень плотины треугольного профиля / **Т.А. Федорова**, Е.С. Васильева, В.В. Беликов. // *Гидротехническое строительство*. – 2020. - №4. – С. 30-33. [Fedorova, T.A. Numerical simulation of triangular dam overflow / **Т.А. Fedorova**, E.S. Vasil'eva, V.V. Belikov // *Power Technol. Engineering* – 2020. –Vol. 54. - P. 354–357. [DOI: <https://doi.org/10.1007/s10749-020-01215-w>]].
3. Belikov, V.V. On the Effect of the Froude Number and Hydromorphometric Parameters on Sediment Transport in Rivers / V.V. Belikov, N.M. Borisova, **Т.А. Fedorova**, O.A. Petrovskaya, V.M. Katolikov. // *Water Resources*. – 2019. – Vol. 46. Suppl. 1. – P. S20–S28. – [DOI: 10.1134/S0097807819070029].
4. Vasil'eva E.S. Numerical modeling of the behavior of a destructive rain flood on a mountain river. / E.S. Vasil'eva, P.A. Belyakova, **Т.А. Fedorova**, V.V. Belikov // *Water Resources*. – 2019. – Vol.46(1). – P. 43–55. [DOI: 10.1134/S0097807819070169]
5. Беликов, В.В. Применение ям-ловушек для уменьшения заиления водохранилищ ГЭС на горных реках. / В.В. Беликов, А.И. Алексюк, Н.М. Борисова, **Т.А. Федорова** // *Гидротехническое строительство*. – 2019. – №6. – С. 12–24. [Belikov V.V. Using of accumulation basins to reduce silting of reservoirs of hydroelectric power plants located on mountain rivers. / V.V. Belikov, A.I. Aleksyuk, N.M. Borisova, **Т.А. Fedorova**. // *Power Technol. Engineering* – Vol. 53(4). - 2019. – P. 429-439 [DOI: 10.1007/s10749-019-01095-9]]
6. Alabyan, A. Retrospective simulation of an extreme flood on the Oka river at the city of Ryazan and impact assessment of urban and transport infrastructure / A. Alabyan, V. Belikov, I. Krylenko, E. Fingert, **Т. Fedorova**. // *Water Resources*. –2018. – Vol. 45. № 1. – P. 1–10. [DOI: 10.1134/S0097807818050263]
7. Aleksyuk, A.I. Numerical modeling of non-uniform sediment transport in river channels. / A.I. Aleksyuk, V.V. Belikov, N.M. Borisova, **Т.А. Fedorova**. // *Water Resources*. – 2018. – Vol. 45, no S1. – P. 11–17. [DOI: 10.1134/S0097807818050275]
8. Лебедева, С.В. Наводнения в устье Северной Двины и их моделирование. / С.В. Лебедева, А.М. Алабян, И.Н. Крыленко, **Т.А. Федорова** // *Геориск*. – 2015. - № 1 - С. 18–25.

На автореферат поступило три **отзыва без замечаний:**

1. Анахаев К.Н. (д.т.н., профессор кафедры эрозии и охраны почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова)

2. Демидов В.В. (д.б.н, доцент кафедры Водных путей и Водных изысканий ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова»).
3. Унанян К.Л. (к.г.н., начальник лаборатории геоэкологических исследований и экологического мониторинга, корпоративного научно-технического центра экологической безопасности и энергоэффективности ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

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

1. Зиновьев А.Т. (д.т.н., заведующий лабораторией гидрологии и геоинформатики ФГБУН Институт водных и экологических проблем СО РАН) и Марускин К.В. (научный сотрудник лаборатории гидрологии и геоинформатики ФГБУН Институт водных и экологических проблем СО РАН). Замечания и вопросы к работе:

- Применялась ли при моделировании спрямлений излучин реки Урал процедура адаптации коэффициентов шероховатости русла и поймы в ходе процесса развития? Если нет, то почему? Заметим, что в таком случае возникает противоречие с третьим защищаемым положением работы;
- Вероятно, определенное влияние на результаты моделирования оказывает конструкция расчетной сетки. В работе участки поймы по пути вероятного спрямления излучин покрывались «русловыми» (прямоугольными) элементами. Однако не всегда возможно идентифицировать эти пути. Как поведет себя модель, если пойма покрыта однородными треугольными элементами?
- Занимаясь моделированием процесса спрямления излучин (развитием прорана), автор мало внимания уделяет тем морфодинамическим процессам, которые происходят на нижележащих участках реки, как в ходе, так и после спрямления. Подчеркнем, что это и не являлось основной задачей работы. Однако было бы весьма интересно оценить возможности программного комплекса в этом плане.

2. Католиков В.М. (к.т.н, доцент, ведущий научный сотрудник и заведующий отделом русловых процессов Государственного гидрологического института). Замечания к работе:

- Из автореферата не совсем ясно, каким образом в процессе моделирования значения коэффициентов шероховатости вдоль трассы спрямления излучины уменьшались по мере срыва растительного покрова поймы до 0.05-0.08»? И каким образом произошло «увеличение шероховатости зарастающих участков старого русла до 0.03»? Ведь эти коэффициенты шероховатости существенно влияют на перераспределение течений по пойме реки и если предлагаемая технология предусматривает «ручное» субъективное управление значениями коэффициентов шероховатости в процессе расчета, то это снижает достоверность получаемых в конечном счете результатов моделирования гидравлики потока.
- В автореферате нет ни одного слова от том что при гидродинамическом моделировании всех указанных процессов на модель через ее верхний створ поступали донные руслоформирующие наносы. Не те наносы, которые формируются в пределах модели в результате «диффузии дна», а транзитные руслоформирующие наносы, которые определяют интенсивность развития всех внутрирусловых средних форм: пляжей и побочней, и, следовательно, интенсивность плановых деформаций излучин. При отсутствии «подачи» донных наносов через верхний расчетный створ наш моделируемый участок оказывается в пределах участка дефицита руслоформирующих наносов, что-то вроде нижнего бьефа плотин, для которых характерно общее вертикальное врезание русла на участках большой протяженности.

3. Коробов В.Б. (д.г.н, ведущий научный сотрудник Лаборатории исследований и моделирования геоэкологических процессов Северо-Западного отделения Института океанологии имени П.П. Ширшова РАН). Замечания к работе:

- Из автореферата неясно, испытывает ли исследуемый участок Пёзы воздействие приливных колебаний уровня Белого моря, оказывающих заметное влияние на все природные процессы, которые в устье Мезени превышают 9 м и доходят до места впадения Пёзы в Мезень.

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

- В представленном обзоре современных программных продуктов, используемых для описания русловых процессов, недостаточно корректно указана специфика для наиболее известных из них;
- вызывает сомнение эффективность модуля распараллеливания при решении задач с весьма ограниченным количеством расчетных ячеек
- не представлен краткий обзор результатов расчетов при использовании обычного персонального компьютера и с графическим ускорителем GPU;

5. Сенчуков Г.А. (заместитель директора по науке в области водных проблем Федерального государственного бюджетного учреждения «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»). Замечания к работе:

- Как известно, методика – это некий готовый алгоритм для проведения каких-либо нацеленных действий. В автореферате описаны общие подходы к разработке гидродинамической модели (исходные данные, граничные условия, калибровка) и поэтому не совсем понятно, в чем заключается методика автора;
- Одной из задач данной работы заявлялось исследование чувствительности численного решения к размеру ячеек расчетной сетки, оценка оптимального соотношения размера ячеек сетки и геометрического размера моделируемого водного объекта. Но в данном случае в автореферате такие критерии отсутствуют. Приведены только размерности двух сеток по объектам, для которых выполнялось моделирование.

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

- Кажется несколько «смазанным» анализ применения численной модели к прогнозированию спрямления речных излучин.

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

#### **В дискуссии приняли участие:**

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник ИВП РАН Елена Николаевна Долгополова; научный сотрудник ИО РАН Николай Александрович Демиденко; доктор технических наук, ведущий научный сотрудник ИВП РАН, Елена Ивановна Дебольская; кандидат географических наук, старший научный сотрудник НИЛ эрозии почв и русловых процессов географического факультета МГУ Леонид Анатольевич Турыкин; кандидат географических наук, старший научный сотрудник Всеволод Михайлович Морейдо; доктор

экономических наук, чл.-корр. РАН, научный руководитель института Виктор Иванович Данилов-Данильян.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований

**Реализована** концепция комплексного использования метода численного моделирования в совокупности с полевыми исследованиями и анализом данных дистанционного зондирования применительно к задаче о прорыве излучин меандрирующего русла. Разработанная технология и практические приемы применения программного комплекса STREAM 2D CUDA позволяет решать прикладные задачи, связанные с моделированием неблагоприятных и опасных русловых процессов.

**Продемонстрирована** способность программного комплекса STREAM 2D CUDA (разработанного в ИВП РАН) реалистично воспроизводить сложные русловые деформации. Это подтверждает принципиальную возможность прямого численного моделирования развития излучин равнинных рек на основе двумерных физико-математических моделей.

**Промоделированы** основные процессы и механизмы прорыва излучины – образование спрямляющей протоки, ее расширение и углубление, блокирование побочным и заиление старого русла.

Предложенная технология представляется **перспективным направлением** при разработке прогнозов опасных неблагоприятных явлений, связанных с русловыми деформациями.

**Практическая значимость** работы заключается в демонстрации возможности применения модели для решения задач в инженерном масштабе времени, что в перспективе позволит решать разнообразные задачи, связанные как с установлением причин и последовательности нежелательного развития речного русла в прошлом, так и с прогнозом дальнейших его деформаций.

**Оценка достоверности** результатов исследования выявила **обоснованность и корректность** положений и выводов представленной диссертационной работы. Исследование базировалось на фундаментальных законах гидродинамики, были использованы реальные натурные и экспериментальные данные о гидравлических параметрах речного потока, морфологии, морфометрии и строении речного русла на моделируемых участках. Для калибровки и верификации моделей и их отдельных блоков использовались данные лабораторных экспериментов и геоизображений, а также гидрологические данные, находящиеся в свободном доступе.

**Личный вклад автора.** Разработка численных моделей объектов исследования с использованием программного комплекса STREAM 2D CUDA – подготовка исходных данных, разработка сценариев, выполнение расчетов, анализ результатов. Планирование, организация и выполнение полевых исследований на реке Пёза, направленных на получение исходных данных для моделирования прорыва излучины в районе Быченского сельского поселения в Мезенском районе Архангельской области.

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 22 декабря 2022 г. диссертационный совет 24.1.040.01 при ИВП РАН принял решение присудить Федоровой Татьяне Александровне ученую степень кандидата технических наук по специальности 1.6.16 — Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 23 человека (из них 18 докторов наук по специальности 1.6.16 и 5 докторов наук по специальности 1.6.21), участвовавших в заседании, из 29 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 23, 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

«22» декабря 2022 г.