

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

**Зиновьева Александра Тимофеевича на диссертационную работу Федоровой Татьяны Александровны «Численное моделирование спрямления речных излучин», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.16 – «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия»**

### **1. Актуальность темы исследования**

Как справедливо указывает соискатель, спрямление речных излучин является источником серьезного риска для населенных пунктов и различных проектов промышленности и инфраструктуры на пойменных территориях. Разработка методов математического моделирования плановых русловых деформаций для прогнозирования спрямления излучин является актуальной темой диссертационного исследования.

### **2. Научная новизна и практическая значимость работы**

Новизна и практическая значимость работы несомненны. Впервые выполнено численное ретроспективное моделирование процесса спрямления реальной излучины на равнинной реке, протекавшего на протяжении десятилетия. Результаты моделирования хорошо согласуются с натурными данными. Тем самым доказана принципиальная возможность применения отечественного программного комплекса STREAM 2D CUDA для решения такого рода задач.

Результаты диссертационной работы имеют важное практическое значение. Практическая значимость работы ясно продемонстрирована как выбором объекта для ретроспективного моделирования участка реки Пёза, так и при сценарном моделировании возможного спрямления излучин реки Урал, где данное явление связано с вопросами пограничных отношений и проблемами защиты территорий от размыва.

### **3. Состав и содержание работы**

Диссертация Федоровой Т.А. состоит из введения, четырех глав и заключения. Работа изложена на 120 страницах, содержит 14 таблиц и 113

рисунков. Список литературы включает 103 наименования, из которых 44 зарубежных.

Во **введении** соискателем обосновывается актуальность диссертационного исследования, обсуждается степень разработанность его темы, формулируются цели и задачи работы. Выполнено краткое описание методологии исследования, показаны его научная новизна, теоретическая и практическая значимость, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, показана степень достоверности и представлена апробация результатов работы, приведены сведения о личном вкладе автора, структуре и объеме диссертации.

В **главе 1** рассмотрены вопросы, связанные с причинами процесса меандрирования равнинных рек, формированием и развитием речных излучин, механизмом их спрямления, закономерностям динамики потока и перемещения наносов на изгибе русла. Рассматривается место прорванных излучин в различных отечественных и зарубежных классификациях рек по типу русловых процессов, а также некоторые терминологические вопросы.

В **главе 2** приводится описание примененной соискателем гидродинамической модели, разработанной на основе программного комплекса STREAM 2D CUDA (созданного под руководством научного руководителя соискателя), возможности которого сопоставлены с аналогичными зарубежными программными комплексами численного гидродинамического моделирования. Изложено описание процессов взаимодействия потока и русла в рамках принятой послойной схематизации водного потока и подстилающей толщи наносов. Представлены результаты верификация гидродинамического блока модели по данным эксперимента, выполненного под руководством проф. А.Л. Зуйкова в лаборатории МГСУ.

**Глава 3** представляет наибольший интерес. Она посвящена ретроспективному моделированию участка реки Пёза в районе Быченского сельского поселения (Мезенский район Архангельской области), где в начале текущего столетия в результате прорыва шейки излучины крупное сельское

поселение оказалось отрезанным от дорожной сети региона, а гидрологический пост в д. Игумново оказался за пределами главного русла реки. При этом в ходе моделирования русловых деформаций исследуемого участка использовались не только сетевые гидрологические данные, разновременные топографические карты и космические снимки, но и материалы специальных полевых работ, спланированных и выполненных при непосредственном участии соискателя. Результаты численного моделирования адекватно отразили происходившие процессы развития спрямляющей протоки и заиления старого русла, что продемонстрировало принципиальную возможность прямого численного моделирования развития излучин (включая их спрямление) на основе двумерных физико-математических моделей, к которым относится и STREAM 2D CUDA.

Следует отметить, что при ретроспективном моделировании, по мере развития процесса спрямления, автору пришлось прибегать к периодической ручной корректировке коэффициентов шероховатости в отдельных зонах основного русла и пойменного массива. В областях развития спрямляющей протоки коэффициент шероховатости понижался год от года, а в области отложения наносов в основном русле он, наоборот, повышался. Однако, принимая во внимание слабую изученность проблемы, как в физическом, так и в вычислительном аспекте, такой подход, вероятно, является наиболее продуктивным в настоящий момент. По мнению соискателя, дальнейшее совершенствование методов и технологии моделирования должно состоять в автоматизации процедуры адаптации параметров шероховатости русла и поймы в ходе развития спрямления. Это мнение соискателя полностью разделяется. Соответствующие модели и вычислительные алгоритмы могут быть разработаны на основе детального изучения процесса и накопления опыта ретроспективного моделирования.

**Глава 4** содержит анализ вариантов возможного развития серии излучин реки Урал на пограничном участке России и Казахстана при различных сценариях водности предстоящих лет. Сценарное или «упреждающее» (по

терминологии соискателя) моделирование является основой для разработки прогноза возможного развития событий при различных вариантах проявления природных и техногенных факторов, определяющих направление и интенсивность исследуемых процессов. Делается вывод об определяющем влиянии высоких половодий при моделировании механизма возникновения спрямляющих проток в результате как линейной эрозии поверхности поймы, так и попятной эрозии берегов в нижних крыльях излучин при концентрации там водного потока, стекающего с затопленной поймы в русло реки.

В **заключении** изложены основные результаты, полученные в ходе диссертационного исследования.

#### **4. Обоснованность и достоверность результатов диссертационного исследования**

Выполненное численное моделирование основано на фундаментальных законах гидродинамики. При построении моделей, их калибровке и верификации соискателем были использованы собственные натурные данные, опубликованные экспериментальные данные и данные дистанционного зондирования, а также сведения о гидрологическом режиме исследуемых рек по данным гидрологических постов Росгидромета.

#### **5. Полнота изложения материалов диссертации в публикациях соискателя**

Основные положения диссертации опубликованы в 10 печатных работах, из них 8 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ и доложены на шести научно-практических конференциях.

#### **6. Замечания по работе**

– Занимаясь моделированием процесса спрямления излучин (развитием прорана), автор мало внимания уделяет тем морфодинамическим процессам, которые происходят на нижележащем участке реки, как в ходе, так и после спрямления. Хотя это и не является основной задачей работы, было бы весьма интересно оценить возможности программного комплекса в этом плане.

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

- Применялась ли при моделировании спрямления излучин реки Урал процедура адаптации коэффициентов шероховатости русла и поймы в ходе развития процесса? Если нет, то почему? Ведь в этом случае возникает противоречие с третьим защищаемым положением работы.

#### **7. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы**

Результаты диссертационной работы Федоровой Т.А. могут быть использованы администрациями бассейновых управлений водных ресурсов и архитектурно-строительными организациями при обосновании планов социального и хозяйственного использования рек и пойменных территорий.

#### **8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней»**

Диссертация Федоровой Татьяны Александровны «Численное моделирование спрямления речных излучин», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.16 – «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия», является законченной научно-квалификационной работой, основанной на оригинальном авторском подходе к численному гидродинамическому моделированию с использованием фактического материала, полученного в результате экспедиционных гидрологических исследований, спланированных соискателем и выполненных при его активном участии.

Диссертационная работа **Федоровой Т.А.** выполнена автором самостоятельно на высоком научном уровне. Полученные автором результаты

обладают научной новизной, имеют теоретическое значение и могут быть использованы при решении ряда практических задач, связанных с прогнозом развития речных излучин и разработкой мероприятий по регулированию русла и предотвращению опасных проявлений русловых процессов. Работа написана технически квалифицированно, аккуратно оформлена, имеет достаточное количество иллюстраций, графиков и таблиц. Автореферат объективно отражает основные положения диссертации.

Диссертационная работа Федоровой Татьяны Александровны полностью соответствует требованиям п. 9. «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор достоин присуждения искомой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.16 – «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия».

#### **Официальный оппонент**

Доктор технических наук  
по специальности 25.00.27 - «Гидрология суши,  
водные ресурсы, гидрохимия»

Директор Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки Института водных и  
экологических проблем Сибирского отделения  
Российской академии наук

Зиновьев Александр  
Тимофеевич

Адрес: 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д.1,  
ИВЭП СО РАН

Тел: +7 (385) 266-64-60

E-mail: [zinoviev@iwep.ru](mailto:zinoviev@iwep.ru), [iwep@iwep.ru](mailto:iwep@iwep.ru)

13.05.2024

Подпись Зиновьева Александра Тимофеевича удостоверяю:

Ученый секретарь ИВЭП СО РАН,

к.ф.-м.н.



Д.Н. Трошкин