

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВОДОДЬЯ НА УЧАСТКЕ РЕЧНОЙ ДОЛИНЫ С ШИРОКОЙ ПОЙМОЙ

Зиновьев А.Т., Кошелев К.Б.

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Россия

Сосредоточение населения и материальных ценностей в долинах крупных рек создает постоянную угрозу социальных, экономических и экологических ущербов и ставит проблему обеспечения безопасности жизнедеятельности в условиях максимального стока. Весеннее повышение уровней воды в результате половодий или их подъем в результате дождевых паводков часто приводят к затоплению освоенных пойменных территорий. Научное обоснование строительства защитных инженерных сооружений, эффективность мер по своевременной эвакуации населения с затопляемых территорий во многом зависят как от своевременности прогнозов опасных уровней воды, так и точности прогнозов масштабов затопления пойменной территории при расходах малой обеспеченности.

Часто при решении практически важных задач по оценке последствий опасных гидрологических явлений, таких как затопление пойменных территорий, достоверные результаты можно получить только с привлечением достаточно развитых математических моделей течений. В настоящее время для расчета течений в пространственной области, включающей водотоки длиной десятки и сотни километров, наиболее развитой из практически реализуемых, является плановая (2DH) модель.

Создание компьютерных моделей течений в водотоках сложной конфигурации требует больших объемов разнородной пространственно-распределенной эмпирической информации. Это, прежде всего, цифровая модель рельефа (ЦМР) русла и речной долины, сведения о коэффициентах шероховатости подстилающей поверхности, пространственно-распределенная гидрологическая и метеорологическая информация. Для вычислений и обработки натуральных и расчетных данных в ИВЭП СО РАН разработана информационно-моделирующая система (ИМС) на основе 2DH-модели течения с использованием клиент-серверной СУБД.

Система определяющих уравнений нестационарной модели течения в русле и на пойме решается в пространственной области, граница которой может существенно меняться со временем – например, в результате повышения или сброса уровня воды на пойме в результате движения волны половодья. Для численного решения задачи применяется

конечно-разностный метод, являющийся модификацией метода расщепления по пространственным переменным и физическим процессам. При численной реализации сочеталось экономичное хранение сильно разреженных матриц с применением метода прогонки, как «естественного» способа нахождения решения на отдельных этапах. Для полноценного использования вычислительной мощности фактически имеющихся компьютеров используется технология разработки многопоточных программ.

Тестирование разработанной компьютерной программы, реализующей решение поставленной начально-краевой задачи, проводилось путем решения ряда классических задач. В частности, было выполнено моделирование плановых течений, изученных в рамках проекта CADAM, и получено хорошее совпадение с экспериментальными данными.

Выполнены расчеты затопления поймы р. Обь вблизи г. Барнаула с размером площади 20 на 50 км на регулярной сетке с шагом 20 м. Для моделирования одного дня половодья на 12-ядерном компьютере требовалось от 3 до 9 часов физического времени в зависимости от фактического количества покрытых водой ячеек. Рассчитывались процессы половодья с параметрами 2010 (20% обеспеченности) и 2011 (70% обеспеченности) годов. Следует отметить, что для расчетов течений на пойменных участках (по сравнению с течением в русле) необходимо предъявлять более высокие требования к точности таких эмпирических данных, как ЦМР и коэффициент шероховатости. Так, при одинаковом коэффициенте шероховатости результаты расчетов показывают, что все пространство поймы покрылось бы водой даже в половодье с относительно небольшими расходами. При использовании же информации о структуре подстилающей поверхности (фактически используются три типа – русло, луг, лес) результаты моделирования качественно близки к фактически наблюдаемой картине затопления.

Предложенная модель позволяет оценить величину расхода воды на пойме. Несмотря на то, что глубина и скорости воды на пойме существенно меньше соответствующих значений в русле, общий расход по речной долине вне основного русла может достигать 30% общего расхода, т.к. ширина речной долины в рассмотренном случае превышает ширину русла примерно в 10 раз. При заполнении-опорожнении поймы для величины расхода воды по пойме отмечено явление гистерезиса.