

Выводы

Представлены математическая модель и численный метод для исследования турбулентных течений в речных потоках на основе приближения мелкой воды. В модели учтено влияние трения о дно русла, ветровое трение, силы Кориолиса, сложной геометрии речного русла с притоками и изменением его глубины. Для описания турбулентной структуры речного течения в модель включена усредненная по глубине версия двухпараметрической модели турбулентности с дополнительными слагаемыми генерации турбулентности за счет трения речного потока о дно русла. Результаты расчетов в S-образном речном потоке с препятствиями, в целом, соответствуют представлениям о таких течениях и закономерностям, наблюдаемым при их изучении.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки РФ № 5.628.2014/К.

Литература

1. Роди В. Модели турбулентности окружающей среды // Методы расчета турбулентных течений. Москва: Мир, 1984. С. 276-278.
2. Noll B. Evaluation of a bounded high-resolution scheme for combustor flow computations // AIAA Journal. 1992. Vol. 30. No. 1. pp. 64-68.
3. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. М.: Энергоатомиздат, 1984.

УДК 551.578.42

ОЦЕНКА СНЕГОЗАПАСОВ НА ВОДОСБОРЕ ВОТКИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ WRF-ARW

Шихов А.Н., Свиязов Е.М.

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
г. Пермь, ул. Букирева, д. 15, e-mail: and3131@inbox.ru*

THE ESTIMATION OF SNOW WATER EQUIVALENT ON THE VOTKINSKOE RESERVOIR CATCHMENT AREA USING WRF/ARW MODEL

Shikhov A.N., Sviyazov E.M.

Perm State National Research University, e-mail: and3131@inbox.ru

Key Words: snow cover, snow water equivalent, WRF/ARW model

Abstract

It is described the method of snow water equivalent calculation using the forecasted fields of precipitation on mesoscale numerical atmospheric model WRF-ARW. Validation of simulation results is carried out by comparison of the actual and calculated snow water equivalent and the snow coverage area of the studied catchment. It is shown that the offered technique allows to evaluate the spatial distribution of snow water equivalent with rather high spatial resolution, objectively considering influence of a relief.

Для большинства рек России весеннее половодье является важнейшей фазой гидрологического режима. С прохождением весеннего половодья связаны опасные гидрологические явления, заблаговременность и достоверность прогноза которых во многих случаях остается недостаточной. При решении задачи повышения качества прогнозов весеннего стока, одним из актуальных направлений является

совершенствование методов расчета запасов воды в снежном покрове в условиях сложного рельефа и редкой наблюдательной сети. В этой связи, весьма перспективна возможность расчета интегральных снегозапасов на основе выходных данных мезомасштабных численных моделей прогноза погоды [1-3].

В настоящей работе представлены результаты расчета снегозапасов на водосборе Воткинского водохранилища ($S = 184$ тыс. км²) с использованием выходных данных мезомасштабной модели прогноза погоды WRF–ARW, по материалам трех зимних сезонов (2012—2015 гг).

Для расчета пространственного распределения снегозапасов с высоким пространственным разрешением (3000 м) использовалась методика, основанная на комплексировании фактической и прогностической информации. Реализация этой методики предполагает использование следующих входных данных:

- прогностических полей метеорологических величин, полученных по модели WRF с исходным пространственным разрешением 10 км;
- срочных данных наблюдений на сети метеостанций (температура и влажность воздуха, общая и нижняя облачность, суточные суммы осадков);
- данных о подстилающей поверхности: цифровой модели рельефа водосбора и актуальной карты типов растительности и землепользования, созданной на основе разносезонных снимков Terra/Aqua MODIS. Более подробное описание этой карты приведено в работе [3];
- для валидации результатов расчета снегозапасов привлекались данные снегомерных съемок на сети метеостанций, а оценка достоверности расчета площади заснеженности в период весеннего снеготаяния выполнялась по космическим снимкам Terra MODIS.

Прогнозы по модели WRF составлялись с использованием динамического ядра ARW на срок 48 ч от 0 ч текущих суток по ВСВ. Модель запускалась с шагом, равным 10 км по пространству и 60 с по времени, с выдачей данных через каждые 3 ч. При дальнейших расчетах использовались данные на срок 15—39 ч от начала прогноза, чтобы обеспечить совпадение со сроками измерения выпавших осадков на метеостанциях.

Запас воды в снежном покрове в период снегонакопления рассчитывался путем суммирования осадков холодного периода с учетом их фазы, таяния снега при оттепелях и перехвата осадков лесной растительностью.

В весенний период расчеты интенсивности снеготаяния выполнялись по известному методу П.П. Кузьмина, основанному на решении уравнения теплового баланса снежного покрова в предположении, что температура тающего снега равна 0°C [4]. Снеготаяние при осенних оттепелях рассчитывалось в зависимости от среднесуточной температуры воздуха, с использованием температурных коэффициентов стаивания (мм/1°C).

На рис. 1. приведены результаты расчета запасов воды в снеге на 31 марта 2013, 2014 и 2015 гг. Значительная неоднородность пространственного распределения снегозапасов, показанная на рис. 1, обусловлена особенностями выпадения осадков в холодный период (в частности, орографическим увеличением количества осадков на западных склонах Урала). Большое значение имеет также различная продолжительность периода снегонакопления на разных высотах.

Валидация результатов расчета запасов воды в снежном покрове на водосборе Воткинского водохранилища выполнена по данным маршрутных снегомерных съемок на 24 метеостанциях. Результаты выборочного сопоставления фактических и расчетных снегозапасов приведены на рис. 1.

В целом предложенная методика позволяет восстановить пространственное распределение снегозапасов с высоким пространственным разрешением, объективно учитывая влияние ландшафтных условий снегонакопления. Среднеквадратичная ошибка результатов расчета к концу зимнего сезона, когда достигаются максимальные значения влагозапасов снега, составляет 15—20% от фактически наблюдаемого снегозапаса. Основными источниками ошибок при расчете снегозапасов являются систематическое завышение сумм осадков по модели WRF–ARW в весенний период и сложность учета перехвата твердых осадков кронами деревьев и их последующего испарения (в результате чего снижается достоверность расчета снегозапасов в лесу). Перспективы повышения точности расчета снегозапаса связаны с уменьшением имеющихся ошибок.

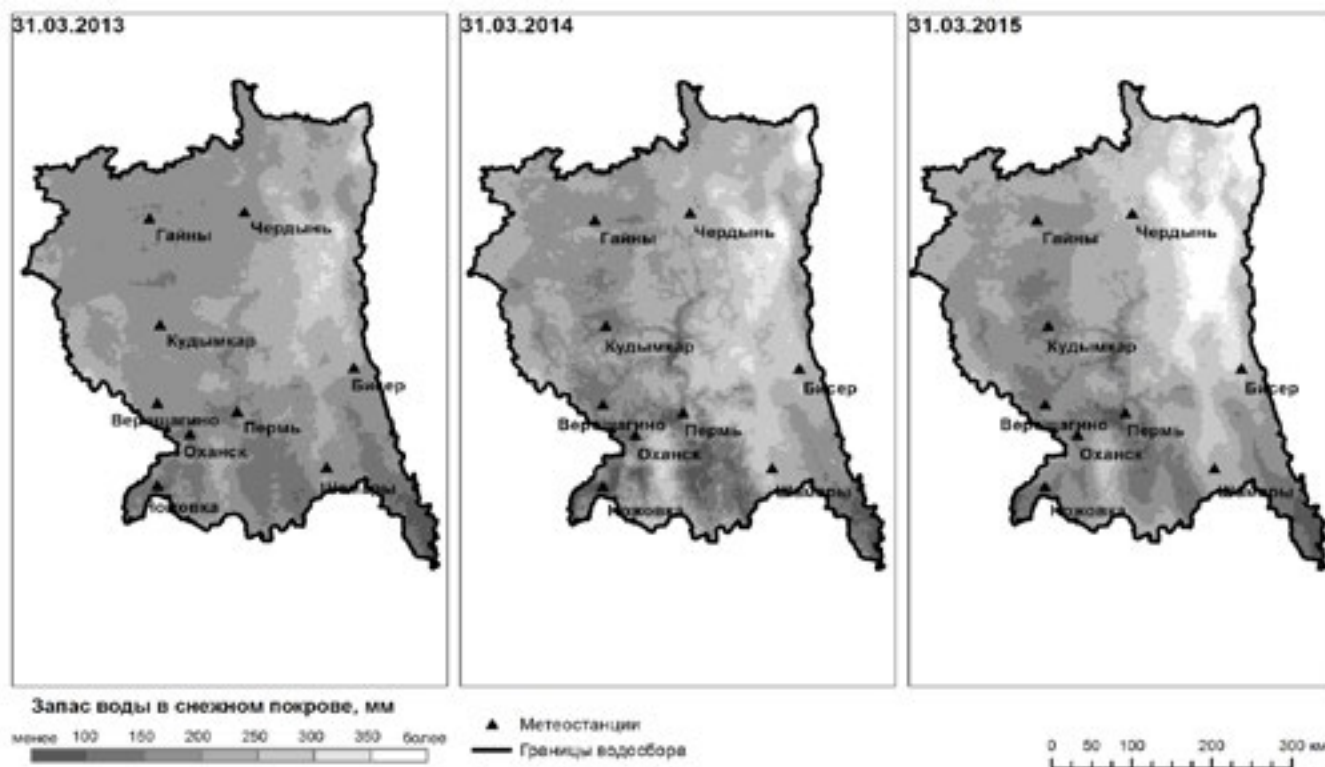


Рисунок 1. Результаты расчета запасов воды в снежном покрове (в мм слоя) на водосборе Воткинского водохранилища в 2013-2015 гг.

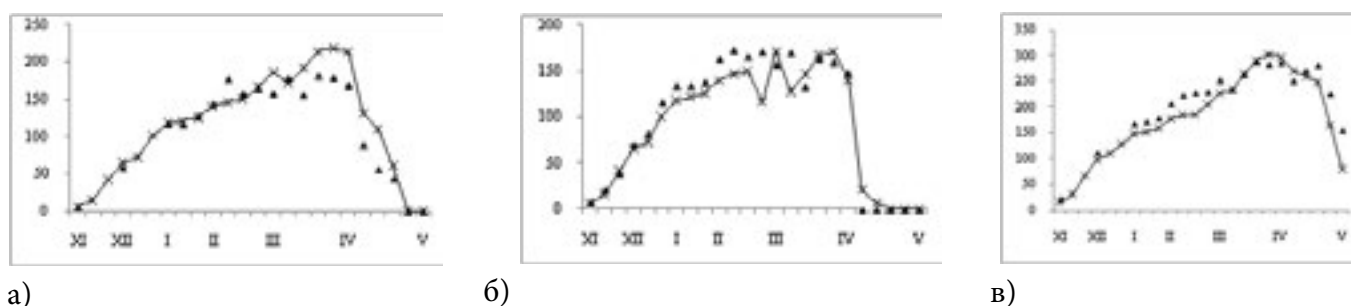


Рисунок 2. Сезонная динамика фактического (точки) и расчетного (кривые) запаса воды в снежном покрове в 2013—2014 гг.: а) Пермь (поле); б) Пермь (лес); в) Бисер (лес)

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 14-05-00317-а, 14-05-31220 мол-а).

Литература

1. Антохина Е. Н. Водный режим рек Европейской территории России и его изучение на основе модели формирования стока. /Диссертация канд. геогр. наук. – М., выполнена в МГУ им. М.В. Ломоносова, 2012-02-16, 2012, 219 с.
2. Zhao Q., Liu Z., Ye1 B., Qin Y., Wei Z. and Fang S. A snowmelt runoff forecasting model coupling WRF and DHSVM. – Hydrology and Earth Systems sciences, 2009, vol. 13, pp. 925–940.
3. Шихов А.Н. Комплексный мониторинг и оценка геоэкологических последствий опасных гидрометеорологических явлений на территории Уральского Прикамья. /Диссертация канд. геогр. наук. – Пермь, выполнена в Пермском государственном национальном исследовательском университете, 2014-03-27, 2014, 216 с.
4. Кузьмин П. П. Процесс таяния снежного покрова. – Л., Гидрометеиздат, 1961, 346 с.