

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА В БАССЕЙНЕ РЕКИ ИК С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «ГИДРОГРАФ»

Горбунова Ю.В.¹, Костерина Е.А.¹, Макарьева О.М.^{2,3}

¹*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия*

Ekaterina.Kosterina@kpfu.ru

²*ООО «НПО «Гидротехпроект», Санкт-Петербург, Россия*

³*Институт Мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск, Россия*
omakarieva@gmail.com

Аннотация: Для водосбора реки Ик, створ Нагайбаково, проведена предварительная оценка параметров гидрологической модели «Гидрограф», подготовлены входные метеорологические и проверочные гидрологические данные для моделирования процессов формирования стока. Проведен непрерывный расчет гидрографов стока воды за период с 2008 по 2013 год.

1. Объект моделирования

В качестве объекта моделирования был выбран водосбор бассейна реки Ик, левого притока Камы, до гидропоста Нагайбаково (код 76512), протекающей по территории Татарстана и Башкортостана. Площадь водосбора до гидропоста Нагайбаково составляет 12000 км², длина реки от истока до устья 571 км. Питание реки в основном снеговое (55%) и из подземных источников (25%).

2. Программный комплекс «Гидрограф». Оценка параметров и подготовка данных для моделирования

Детерминированная гидрологическая модель «Гидрограф» представляет собой математическую систему с распределенными параметрами, описывающую процессы формирования стока в бассейнах с различными физико-географическими характеристиками (Виноградов, Виноградова, 2010).

В модели «Гидрограф» речной бассейн представляется набором регулярных репрезентативных точек, расположенных в пределах водораздельного контура и упорядоченных в виде гексагональной сетки. На основании ЦМР с разрешением 30 м и русловой сети с помощью программ ArcGIS и WhiteBox GAT была построена сетка и в каждой репрезентативной точке были вычислены географические и орографические характеристики: географические координаты, высота, ориентация (экспозиция) склона, уклон (крутизна склона) и расстояние по русловой сети до замыкающего створа.

Далее на выбранной территории с использованием карт ландшафтов, почв и растительности были выделены однородные по типу формирования стока области (стокоформирующие комплексы, СФК). Для каждого из четырех полученных СФК были определены параметры почвенной колонки, типичной для данного СФК. Почвенная колонка описывается девятью параметрами, учитывающими механический состав, способность проводить и удерживать тепло и влагу.

По данным семи метеостанций были подготовлены входные метеорологические данные (суточная температура воздуха и дефицит влажности воздуха, сумма осадков), а также определены климатические параметры, в том числе параметры, связанные с облачностью и солнечной радиацией, ходом температуры почвы на глубине более 1 м.

Все данные были взяты из открытых источников и соответствуют периоду с 2008 по 2013 год.

3. Результаты моделирования

Моделирование стока было проведено с использованием априори заданных величин параметров, без их уточнения или калибровки. Результатами расчетов стали суточные гидрографы стока на реке Ик в створе Нагайбаково, а также величины элементов водного баланса, переменные состояния снежного покрова и почвы за период с 2008 по 2013 год. Годовая величина слоя осадков, испарения и стока воды составила 543, 415 и 112 мм за расчетный период. Рассчитанный максимальный запас снежного покрова на водосборе пришелся на начало апреля 2011 года и достиг 195 мм. В этот же год рассчитанный и наблюдаемый максимальный расход воды составили 750 и 625 м³/с соответственно. Рассчитанный запас влаги в метровом слое почвы изменялся от 70 мм в конце августа 2010 года до 280-300 мм в осенне-зимний период.

Сравнение результатов моделирования стока с фактически наблюдаемыми гидрографами показывает удовлетворительную сходимость, наибольшее несовпадение рассчитанной и наблюдаемой кривых получилось в 2013 году (рисунок 1). Для повышения точности расчета необходимо уточнение параметров и верификация результатов моделирования на основе данных о состоянии снежного покрова, влажности и температуры почвы и ряда других характеристик.

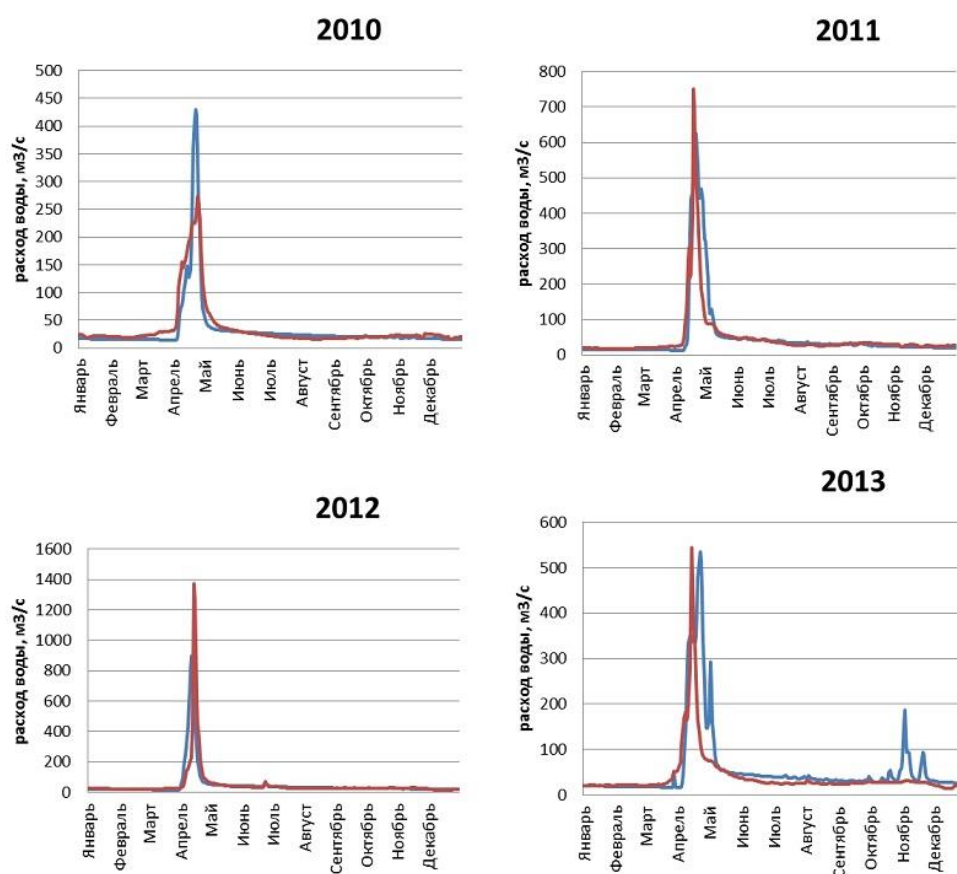


Рисунок 1 – Рассчитанные (синего цвета) и наблюдаемые (красного цвета) гидрографы стока, р. Ик – Нагайбаково, 2010-2013

Литература

Виноградов Ю.Б., Виноградова Т.А. Математическое моделирование в гидрологии. М: Академия, 2010. 298 с.