

АДАПТАЦИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗОНЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА К БАССЕЙНУ РЕКИ ЧИРЧИК

А.Г.Сорокин*, В.К.Тюгай**

*НИЦ МКВК, 700197 Ташкент, массив Карасу-4, д.11

**НИЦ Водохозяйственных систем, 700197 Ташкент, массив Карасу-4, д.11

В рамках выполнения проекта RIVERTWIN Европейским Союзом была рекомендована модель HBV-IWS для описания процессов в зоне формирования стока реки Чирчик.

Модель HBV-IWS основана на модели HBV Шведского Метеорологического и Гидрологического Института (Bergstrom, 1995) [1,2]. Модифицированная версия модели HBV разработана в Институте Гидрологической Инженерии Университета Штутгарта (IWS).

Модель HBV-IWS можно представить в виде трех блоков:

- 1) аккумуляция и таяние снега и поступление воды на поверхность бассейна в виде жидких осадков;
- 2) потери воды, поступающей в речной бассейн, обусловленные увеличением влажности почвы и эвапотранспирацией;
- 3) трансформации поступающей в бассейн воды в речной сток.

Аккумуляция снега происходит при $T \leq T_T$ описывается уравнениями [3]

$$MELT = 0, \quad SNOW = SNOW + P$$

В модели для описания таяния снега использован метод градус-день. Таяние снега при $T > T_T$

$$MELT = \text{Min}(SNOW, C_{MELT} \cdot (T - T_T))$$

$$SNOW = SNOW - MELT$$

Здесь MELT – глубина тающего снега; SNOW – глубина снега; C_{MELT} – фактор градус/день; T_T – критическая температура для снег/дождь; P – осадки.

Поступающая в водосборный бассейн вода частично (или полностью) расходуется на увеличение влажности грунтов и эвапотранспирацию.

Изменение влажности грунтов [3]:

$$\Delta SM = P + MELT - P_{eff}$$

где P_{eff} – эффективные осадки, которые определяются из уравнений

$$\text{при } \left[1 - \left(\frac{SM}{FC} \right)^\beta \right] \cdot (P + MELT) > (FC - SM)$$

$$P_{eff} = P + MELT - (FC - SM)$$

$$\text{при } \left[1 - \left(\frac{SM}{FC} \right)^\beta \right] \cdot (P + MELT) \leq (FC - SM)$$

$$P_{eff} = \left(\frac{SM}{FC} \right)^\beta \cdot (P + MELT)$$

где ΔSM и SM – изменение влажности и влажность почвы, соответственно; FC – полевая влагоемкость почвы; β – калибровочный параметр.

Расчет эвапотранспирации основан на многолетней среднемесячной температуре и потенциальной эвапотранспирации:

$$ET_A = PE_A \cdot \frac{SM}{PWP}, \text{ если } SM < PWP$$

$$ET_A = PE_A, \text{ если } SM \geq PWP$$

где ET_A – реальная эвапотранспирация; PWP – влажность увядания; PE_A – потенциальная эвапотранспирация:

$$PE_A = (1 + C_E(T - T_M)) \cdot PE_M,$$

C_E – параметр; T_M – среднемесячная температура; PE_M – среднемесячная эвапотранспирация.

Та часть поступающей в водосборный бассейн дождевой и талой воды, которая остается после эвапотранспирации и увеличения влажности почвы, участвует в формировании стока реки. Водосборный бассейн в модели HBV представляется в виде двух резервуаров, расположенных одна над другой. Трансформация поступающей в водосборный бассейн воды в речной сток описывается уравнением

$$Q_T(t) = g(t, Maxbas) \cdot (Q_0 + Q_1 + Q_2),$$

где $Maxbas$ – калибровочный параметр; Q_1 – потоки воды из резервуаров. Поток грунтовой воды (Q_2) образуется в результате перетока воды из верхнего резервуара в нижний.

Программная реализация HBV-IWS осуществлена на FORTRAN в Институте Гидрологической Инженерии Университета Штутгарта. Для расчета речного стока водосборный бассейн представляется в виде суббассейнов, которые являются территорией сбора воды речных притоков. Каждый суббассейн разбиваются с определенным шагом по высоте на зоны.

Для расчета стока реки Чирчик водосборный бассейн представлен пятью суббассейнами – три суббассейна по притокам к Чарвакскому водохранилищу (реки Пскем, Коксу, Чаткал) и два суббассейна ниже Чарвакского водохранилища (реки Угам, Аксаката). В каждом суббассейне выделены по 20 высотных зон с шагом 200м по высоте.

Подготовка входных данных для созданного проекта Chirchik-HBV проводилась на основании информации из базы данных проекта «RIVERTWIN» и работ [3-8]. Калибровка модели HBV-IWS выполнена по климатическим данным и информациям гидропостов 1980-1982г.г. В таблице 1 приведены результаты анализа расчетных стоков, полученных в процессе калибровки модели. Из этих данных следует, что величина корреляции находится в пределах 0.74 – 0.99. Наибольшая

погрешность расчета месячных объемов стока не превышает 40%. Погрешность расчета годового объема стока менее 25%.

Таблица 1. Анализ результатов расчета стоков

Суббассейн	Корреляция			Средняя погрешность расчета месячных стоков, %			Погрешность расчета годового объема стока, %		
	1980г.	1981г.	1982г.	1980г.	1981г.	1982г.	1980г.	1981г.	1982г.
Р.Угам	0.986	0.942	0.746	15.4	19.3	28.9	6.4	3.6	20.8
Р.Пскем	0.993	0.975	0.848	15.2	21.2	27.4	1.7	7.4	0.5
Р.Коксу	0.989	0.988	0.898	18.7	19.9	38.6	17.6	1.5	3.6
Р.Чаткал	0.998	0.950	0.818	12.1	32.3	31.0	4.9	13.6	9.5
р.Аксагата	0.987	0.945	0.831	18.4	21.7	32.5	0.6	2.3	0.9

На рис.1 приведены результаты расчетов месячных объемов стока рек Пскем и Чаткал по данным 1980г. и фактические месячные объемы стока. Видно, что расчетные данные хорошо аппроксимируют фактические данные.

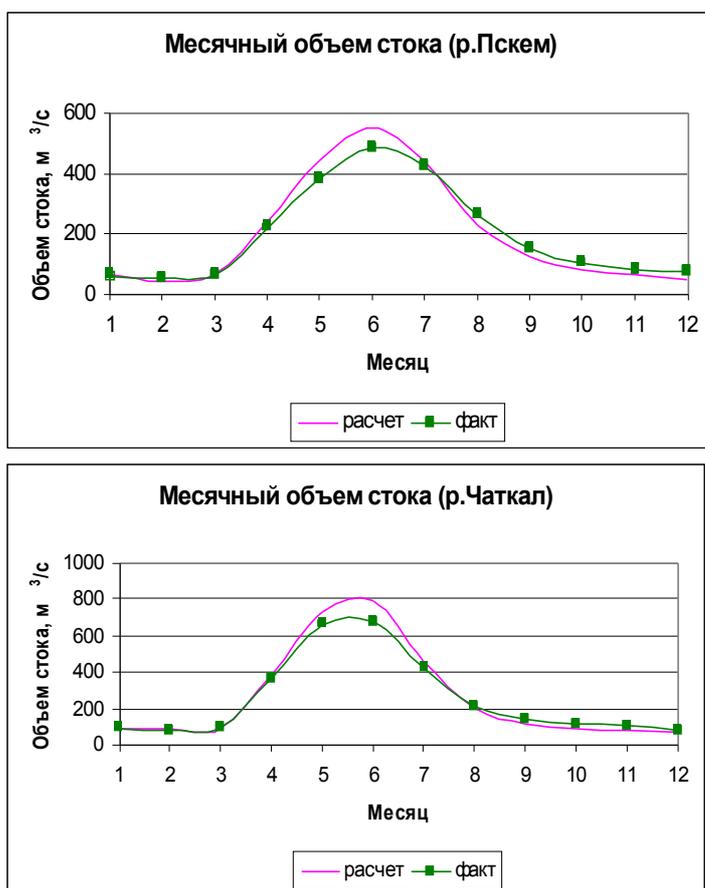


Рис.1. Расчет месячных объемов стока рек Пскем и Чаткал по климатическим данным 1980г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yeshewatesfa Hundecha, Anndras Bardossy. Modeling of the effect of land use changes on the runoff generation of river basin through parameter regionalization of a watershed model. – Journal of Hydrology, 292 (2004), 281-295.

2. J.Gotzinger, A.Bardossy. Integration and calibration of a conceptual rainfall-runoff model in the framework of a decision support system for river basin management. – Advances in Geosciences, 5, 2005, 1-5.
3. A.Gafurov. Water balance modeling for meso-scale catchments under data limited conditions.- Master's Thesis, February 28, 2005, Institut für Wasserbau Lehrstuhl für Hydrologie und Geohydrologie, Stuttgart.
4. Р.Бернштейн, В.Брюкман. Введение в метеорологию.-М.-Л.:ОНТИ НКТП СССР, 1935, 303с.
5. А.Гостунский. Гидрология Средней Азии. – Т.: «Укитувчи», 1969, 328с.
6. Ю.М.Денисов. Математическое моделирование процесса стока рек. – Л.:Гидрометеиздат, Труды САНИГМИ, 1968, вып.39(54), с.30-36.
7. Л.Н.Боровикова. Математическое моделирование формирования снежного покрова и расчет поступления воды на поверхность горного бассейна. - Л.:Гидрометеиздат, Труды САНИГМИ, 1968, вып.39(54), с.37-43.
8. Ю.Н.Лесник. Температурный градиент и расчет температуры воздуха над ледниковой поверхностью. - Л.:Гидрометеиздат, Труды САНИГМИ, 1975, вып.27(108), с.34-46.