

## Инструкция по HBV

### Краткое описание модели

Модель HBV разработана в Шведском метеорологическом и гидрологическом институте и начала широко использоваться в Швеции с 1990 года для моделирования стока. В настоящее время разные версии этой модели используются в 30 странах мира.

Модель моделирует суточный сток, используя суточные данные по осадкам, температуре и испарению в качестве входных. Также в качестве входных данных модель использует данные цифровой модели рельефа, классифицируемые по высоте с помощью ГИС.

Для реки Нура были выбраны данные стока по гидропосту Балыкты, метеоданные выбраны по станциям Аксу-Аюлы, Бесоба, Караганда, Каркаралы.

Проводились работы по калибровке модели. Одним из обязательных условий калибровки является выбор исторических данных при естественном стоке реки. Как известно, на реке Нура был нарушен естественный сток с 1973 года после построения Иртышского канала.

Наилучшими результатами калибровки, которую посчитала модель стали исторические данные за 1956-1957 гг. Связь между наблюдаемым стоком и смоделированным стоком составила 0,97 (рис.1).

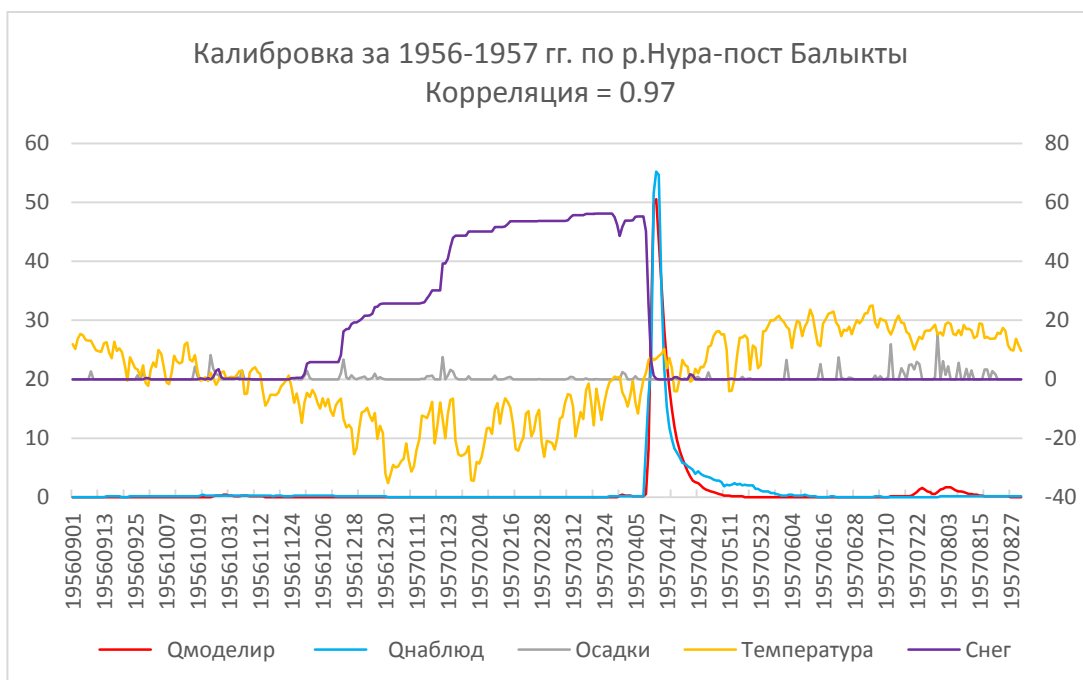


Рисунок 1. График калибровки

## 1. Подготовка файла PTQ

### 1.1) Открываем документ Excell

Date	P	T	Q
19500101	0	-15.2	0
19500102	1.3	-20	0.006

Где Date – дата в формате для HBV

	A	B	C	D	E
1	Год	Месяц	День	Формат 1	Формат HBV
2	1950	1	1	=Дата(A2;B2;C2)	=Текст(D2; “ггггММдд”)

P, T – суточные данные суммы осадков и средней температуры воздуха по метео станциям

Q – суточный сток в миллиметрах

Для того, чтобы сток перевести из м<sup>3</sup>/сек в мм используем формулу:

$$Q_{\text{мм}} = q_{(\text{м}^3/\text{сек})} * 86400/12300/1000$$

Q=	q(м <sup>3</sup> /сек)*	86400/	12300/	1000
суточный сток в мм	Измеренный расход	Количество секунд в сутках	Площадь водосбора <b>Нурь</b>	

1.2) Открываем папку HBV\_Nura – data – открыть файл ptq.dat –  
Вырезать *шапку*

**Nura\_River**

**date p t q**

Выделить все – удалить все – Вставить *шапку* - вставляем  
подготовленные данные в ptq – файл – сохранить

## 2. Подготовка файла CLAREA.dat

2.1 Скачать ЦМР своей исследуемой территории из сайта  
<http://srtm.csi.cgiar.org>

2.2 Открываем ЦМР в ArcGIS (при необходимости создаем мозаику\*)

2.3 ArcToolbox – Spatial Analyst – извлечение - извлечь по маске  
(входные данные: ЦМР) – переименовываем выходной растр Extract\_DEM  
– ок

\*Если необходимо соединить несколько квадратов SRTM, создаем мозаику:

- Поиск – мозаика – мозаика в новый растр – появилось диалоговое окно - открываем желтую папку – выбираем SRTM, которые необходимо соединить в одну мозаику – Выходное местоположение указываем папку, куда хотим сохранить полученный файл – указываем имя набора растровых данных с расширением (например **Nura\_srmt.tif**) – тип пикселя указываем 16\_BIT\_UNSIGNED – число каналов указываем 1 – ок

#### **2.4 Очертить водосборную область по ГП**

**2.4.1** Spatial Analyst – Гидрология - Заполнение Fill (входные данные: ЦМР извлеченные по маске **Nura\_srmt.tif**) – переименовываем выходной растр **DEM\_Fill** - ок

**2.4.2** Spatial Analyst – Гидрология - Направление стока Flowdirection (входные данные: посчитанные от Fill **DEM\_Fill**) – переименовываем выходной растр **DEM\_Flowdir** - ок

**2.4.3** Spatial Analyst – Гидрология - Суммарный сток Flowaccumulation (входные данные: посчитанные от Flowdirection **DEM\_Flowdir**) – переименовываем выходной растр **DEM\_Flowacc** - ок

**2.4.4** Spatial Analyst – Алгебра карт – Калькулятор растра – Указываем в поле **DEM\_Flowacc** >2100– переименовываем выходной растр **DEM\_Rastercalc** – ок

**2.4.5** Ставим на карту точку гидропоста в соответствии с координатами (инструмент на панели «Перейти к точке XY»). Если точка не лежит на водотоке, необходимо ее подвинуть – Далее Действия - конвертировать графику в объекты – выбираем «Точечную графику» - переименовываем выходной растр **Post\_Balykty** – Удалить графику после конвертации – галочка – ок.

**2.4.6** Spatial Analyst – Гидрология – Водосборная область Watershed (входные данные: растр направления стока **DEM\_Flowdir** и точка гидропоста **Post\_Balykty**) – переименовываем выходной растр **Nura\_watershed** - ок

**2.4.7** ArcToolbox – Конвертация – из растра- растр в полигоны (входные данные: растр **Nura\_watershed**) – переименовываем выходной полигон **Nura\_poligon** - ок

**2.4.8** ArcToolbox – Управление данными – Растр – Обработка растра – Вырезать (входной растр ЦМР **Nura\_srmt.tif**, выходной экстенс полученный ранее полигон **Nura\_poligon**) - переименовываем выходной растр **Nura\_DEM** – ок

#### **2.5 Подготовка данных для Excel файла «Band of elevation»**

##### **В ArcMap:**

**2.5.1** Spatial Analyst – Переклассификация - Переклассификация (входные данные: вырезанный по полигону ЦМР 2.4.8 **Nura\_DEM**) – Классифицировать – Метод Равный – Классов 20 (либо 10 при малых высотах до 1500 м) – Выписать вручную граничные значения - переименовываем выходной растр **Reclass\_Nura\_DEM**– ок

**2.5.2 Spatial Analyst – Поверхность – Экспозиция** (входные данные: **Nura\_DEM**) - переименовываем выходной растр **Aspect\_Nura\_DEM**;

**2.5.3 Spatial Analyst – Переклассификация - Переклассификация** (входные данные: **Aspect\_Nura\_DEM**) – Классифицировать – Заданный интервал – ок – Исправить таблицу :

Старые значения	Новые значения
0-45	3
45-135	1
135-225	2
225-315	1
315-360	3
-1-0	1

- Переименовываем выходной растр **Recl\_Asp45\_Nura** – ок

**2.5.4 Spatial Analyst – Алгебра карт – Калькулятор растра** – Из окна «Слои и переменные» выбираем **Reclass\_Nura\_DEM\*100+Recl\_Asp45\_Nura** - переименовываем выходной растр **Nura\_rastercalc**– ок

**2.5.5** Правой кнопкой мыши щелкаем по **Nura\_rastercalc** – открыть таблицу атрибутов – опции таблицы – экспортировать – указываем путь куда необходимо сохранить – браузер – тип Таблица dBASE – переименовываем **Nura.dbf** – сохранить – добавить таблицу к текущей карте - нет

OBJECTID*	Value	Count	среднее
1	101	105113	<NULL>
2	102	65314	<NULL>
3	103	65869	<NULL>
4	201	154784	<NULL>
5	202	100899	<NULL>
6	203	105470	<NULL>
7	301	192378	<NULL>
8	302	136757	<NULL>
9	303	127452	<NULL>
10	401	147232	<NULL>
11	402	118283	<NULL>

**2.5.6** Заполнить эксел файл **ШАБЛОН band of elevation1**.

Вставить данные **Nura.dbf**;

Высоты использовать ранее выписанные при переклассификации из пункта **2.5.1**.

**2.5.7** В файле **CLAREA.DAT** заменить значения данными **Band of Elevation**

CLAREA.DAT — Блокнот						
Файл Правка Формат Вид Справка						
Nura_River						
10	,		3			
724	,		724			
0						
523.0	0.047367	0.029682	0.029432	0	0	0
577.0	0.069750	0.047528	0.045468	0	0	0
619.5	0.086691	0.057433	0.061626	0	0	0
661.0	0.066347	0.049523	0.053301	0	0	0
705.5	0.044461	0.035762	0.034166	0	0	0
754.5	0.037824	0.030424	0.025107	0	0	0
809.0	0.024025	0.020798	0.016614	0	0	0
872.5	0.017274	0.014169	0.012024	0	0	0
948.5	0.011094	0.009457	0.008920	0	0	0
1102.5	0.005353	0.004650	0.003730	0	0	0.000001

*Nura\_river* – название исследуемой реки

10 – количество классов (переклассификация)

3 – количество классов

724 – Средняя высота используемых станций

Далее диапазон, который необходимо заменить в **2.5.7**

**P.s.:** В последних трех столбцах должны быть нули, за исключением последнего значения которое равно 0.000001 (как на скрине)

### 3 Подготовка файла Evap

В этом файле содержатся многолетние среднемесячные данные испарения

evap.dat — Блокнот
Файл Правка Формат Вид Справка
evap
0.56
0.867
1.603
4.152
5.287
5.279
5.56
6.087
5.233
2.965
1.191
0.558

$$PI = 0,0018(t+25)^2*(100-F),$$

где,

PI – потенциальное испарение,

t – среднемесячная температура воздуха

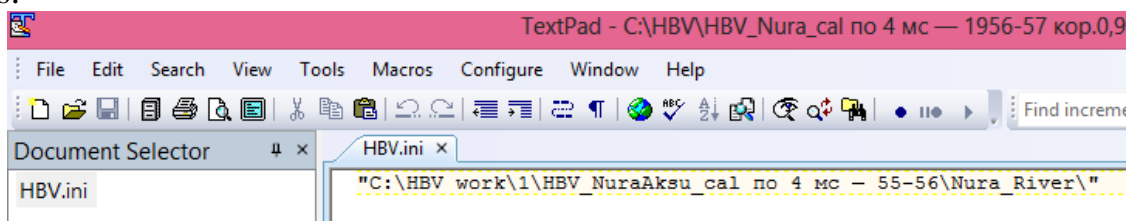
F – относительная влажность (месячные выходы из cliware)

**Прим.:** можно воспользоваться данными по испарению, рассчитанные специалистами КНР:

	Китай
Янв	0.56
Фев	0.867
Мар	1.603
Апр	4.152
Май	5.287
Июн	5.279
Июл	5.56
Авг	6.087
Сен	5.233
Окт	2.965
Нояб	1.191
Дек	0.558

#### 4 Запуск и калибровка исторических данных при естественном стоке

**4.1)** В файле *.ini* прописываем путь до папки, где хранятся папки data и results.



**4.2)** Запуск программы HBV – указываем путь, до папки, где хранятся входные данные data – ок

Имя	Дата изменения	Тип	Размер
Nura_River	28.03.2018 20:11	Папка с файлами	
GAPopti	09.01.2017 10:10	Параметры конф...	1 КБ
HBV	09.01.2017 10:11	Параметры конф...	1 КБ
Hbv_2d_glacial	10.07.2009 2:06	Приложение	820 КБ

**4.3)** Extra – GAP optimization – ok – load parameter – выбрать *pmul\_obs.mul* (в этом файле указаны пределы все параметров, рассчитанные КНР), либо в папке data использовать файл *pmul002.mul* (для территории РК больше подходит)

data	28.11.2018 13:44	Папка с файлами	
results	30.11.2018 15:49	Папка с файлами	
HBVcatch	30.11.2018 15:28	Параметры конф...	1 КБ
pmul_obs.mul	07.05.2014 12:26	Файл "MUL"	1 КБ

Далее указываем исследуемый период  
(Пример: **warming up period** 19550101 – начало фактических данных, в основном начиная с января

from **19551001**  
to **19590831**)

*from ... to ... - гидрологический год*

- No of model runs 10000 – start calibration – yes – yes – close

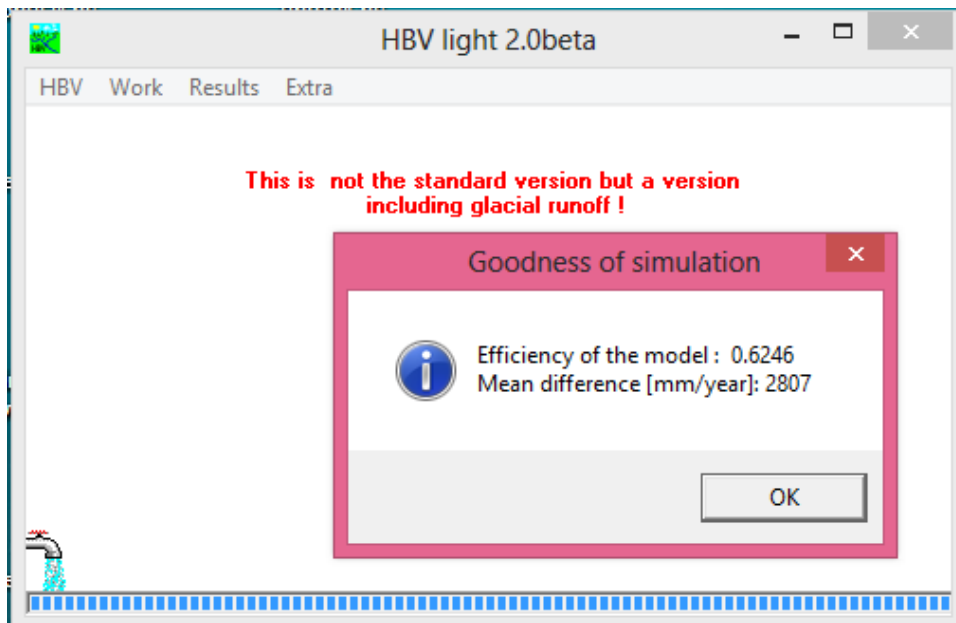
Запустили процесс автокалибровки

The screenshot shows the 'Optimization' window with the following settings:

- Parameters:** TT (-1.5 to 2.5), CFMAX (1 to 10), SFCF (0.5 to 1.2), CFR (0 to 0.1), CWH (0 to 0.2), FC (50 to 500), LP (0.3 to 1), BETA (1 to 6), PERC (0 to 4), Alpha (0 to 1), K1 (0.05 to 0.3), K2 (0.001 to 0.1), MAXBAS (1 to 7), CET (0 to 1).
- Simulation period:** Start of 'warming-up' period: 19800101 (No. 1); Date: from 19871001 (No. 94) to 19880901 (No. 105). Estimated end of calibration: 18.06.2018 16:21:11.
- Buttons:** Load Parameter, Save Parameter, Change settings, Stop runs, Calibration trials, Batch-Catch Calibration, Close.
- Population:** 1
- Generation:** 50
- Best fit so far:** 0.82448E (circled in red)
- No of model runs:** 10000
- Done so far:** 2476
- Additional options:** Add local optimisation (unchecked), Multi Catchment Calibration (unchecked), No of runs for local optimisation (Powell) (0), Save details (unchecked), Extra runs done so far (0).

4.3) Work - parameter – load parameter – result – GAcad (смотрим последнее по времени и дате создания) – открыть – ок

4.4) Work – Run



Смотрим значение NSE, чем ближе к 1, тем лучше результат.

#### 4.5) Result – Graph – Plot

В папке results открыть полученный файл resu001.dat в Excell – выделить первый столбец – данные – текст по столбцам – далее – «запятая» - ГОТОВО

Модель выдает значения стока  $Q_{sim}$  и  $Q_{obs}$  в миллиметрах, необходимо перевести мм в м<sup>3</sup>/сек по формуле:

$$Q_{\text{м}^3/\text{сек}} = Q_{\text{мм}} * 12300 * 1000000 / 24 / 3600 / 1000$$

46) Посчитать корреляцию между смоделированным и наблюдаемым стоками ( $Q_{sim}$  и  $Q_{obs}$ )

4.7) Построить график связи  $Q_{sim}$  и  $Q_{obs}$ , добавить значения осадков, температуры и снега (по вспомогательной оси). В качестве примера представлен выше рис.1.

## 5 Прогноз стока по HBV

### 5.1) Подготовка данных для файла ptq

Date	P	T	Q
19500101	1.3	-15.2	9999
19500102	0	-16.2	9999

9999 – подразумевает нет значений (на весь период выставляем)



**5.2)** Вставить данные в ptq.dat – сохранить

**5.3)** Запуск программы HBV – указываем путь, где хранятся входные данные data – ok

**5.4)** Work – parameter – указать моделируемый период (Simulation period) – load parameter – выбрать GAl1 (лучший вариант по результатам калибровки) – ok

**5.5)** Work – Run

*Прим.:* При валидации, efficiency должен быть 0.0000. Graph-Plot показывать ничего не будет.

Производим расчет по пункту **2.5**. Затем строим график по значениям смоделированного стока  $Q_{sim}$ , затем в график добавить значения осадков, температуры и снега (по вспомогательной оси). В качестве примера представлен ниже рис.2.

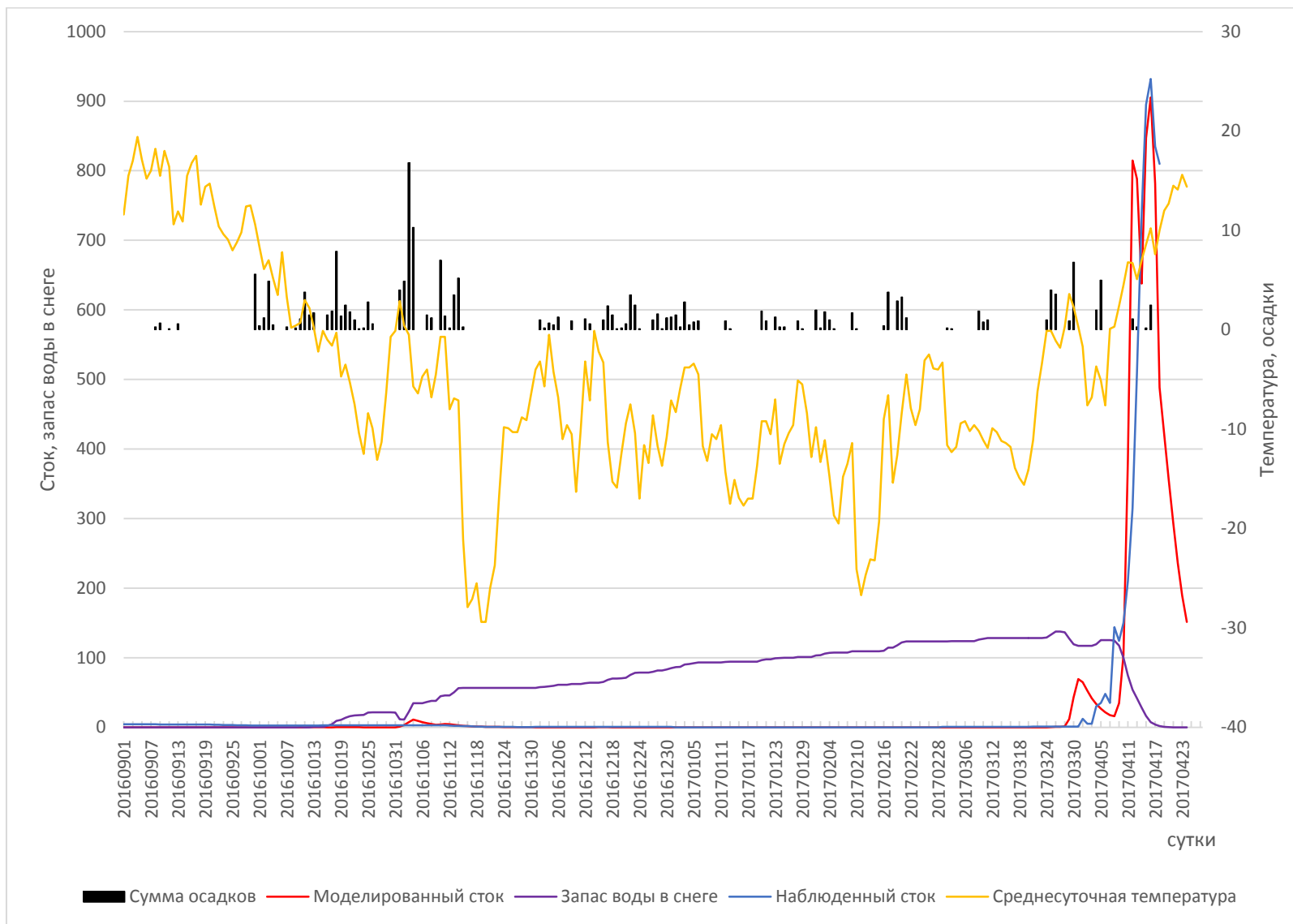


Рисунок 2. Прогноз стока по Нуре на 2016-2017 гг.