

**ГЕОГРАФИЯ ИЛИМДЕРИ**  
**ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ**  
**GEOGRAPHY SCIENCE**

*Чодураев Т.М., Галаева А.В.*

**ИЛЕ ДАРЫЯСЫНЫН АГЫМЫН НВВ МОДЕЛИ АРКЫЛУУ КЛИМАТТЫН  
ӨЗГӨРҮШҮНҮН АР-ЖОРОМОЛДОЛОРУНУН НЕГИЗИНДЕ МОДЕЛДӨӨ**

*Чодураев Т.М., Галаева А.В.*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СТОКА РЕКИ ИЛЕ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ НВВ НА ОСНОВЕ  
РАЗЛИЧНЫХ СЦЕНАРИЕВ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

*T.M. Choduraev, A.V. Galayeva*

**MODELING ILE RIVER RUNOFF USING HBV MODEL BASED ON VARIOUS  
SCENARIOS OF CLIMATE CHANGE**

УДК: 911.3

*Бул кылымдын аягына чейин эсеп климаттын өзгөрүшүнө эске алуу менен келечекте Иле дарыясынын моделдөө агымынын жыйынтыгы. Ал Иле дарыясынын агымы көбөйөт, ал эми ички дарыя агымынын бөлүштүрүүнү өзгөртөт экени көрүнүп турат.*

**Негизги сөздөр:** *гидрологиялык модель, жөнгө салуу, климаттык жагдайлар, жаан-чачындар, Балкаш көл бассейни.*

*В статье приведены результаты моделирования стока реки Иле на перспективу с учетом изменения климата до конца нынешнего века. Показано, что сток реки Иле будет увеличиваться, но произойдет изменение внутриводоевого распределения стока.*

**Ключевые слова:** *гидрологическая модель, сток, сценарии климата, атмосферные осадки, бассейн озера Балкаш.*

*This article shows the results of the modeling Ile River runoff for the future, taking into account climate change before the end of this century. It is shown that the flow of Ile River will increase, but will change the distribution of intra river runoff.*

**Key words:** *hydrological model, runoff, climate scenarios, precipitation, Balkhash Lake basin.*

**Введение**

В современное время очень актуальными становятся исследования изменения стока с учетом климатических сценариев на перспективу. На основе этих исследований можно сделать прогноз ожидаемой ситуации в будущем. Для бассейна реки Иле это очень важно, т.к. здесь наблюдается нестабильная гидрологическая обстановка, которая связана с деградацией оледенения и увеличивающимся водопотреблением на территории КНР.

Для того чтобы оценить влияние изменения климата на сток реки Иле до конца 21-го века, сток этой реки был смоделирован с помощью модели HBV по двум климатическим сценариям, за периоды 2030 г. (2016–2045 гг.), 2050 г. (2036–2065 гг.) и 2085 г. (2071–2100 гг.) [1]. Эти сценарии были выбраны исходя из того, что они отражают предельные изменения температуры воздуха и осадков. Следует отметить, что площадь оледенения бралась постоянной (3537 км<sup>2</sup>).

Модель HBV – это концептуальная модель речного бассейна, разработанная в Шведском метеорологическом и гидрологическом институте (Sten

Bergström) [2]. Модель HBV является компьютеризированной моделью водосбора, которая преобразует осадки, потенциальное испарение и тающий снег в речной сток с помощью моделирования естественных гидрологических процессов. Модель включает процедуру, описывающую накопление снега и его таяние, процедуру расчета почвенной влаги, процедуру учета подземных вод и процедуру расчета гидрографа стока. Необходимые входные данные для модели HBV: средневзвешенные осадки, а также распределение осадков по высотным зонам; средневзвешенные значения температуры воздуха, и ее распределение по высотным зонам; потенциальное испарение. Также для входных данных были построены карты цифровой модели рельефа исследуемой территории и распределение склонов по заданным экспозициям, используя программу Arc Map 10.1 [2].

В работе [3] приводятся результаты исследований о возможности применения модели HBV для реки Иле. Была проведена калибровка и адаптация модели для конкретного водосбора, используя наблюдаемые данные температуры воздуха, осадков, стока и испарения за базовый период (1961–1990 гг.). Результаты калибровки и адаптации модели HBV показали, что модель дает хорошие результаты при моделировании стока реки Иле за базовый период (разница моделированного и наблюдаемого стока составляет не более 5%), а следовательно может быть использована для моделирования стока на перспективу [3].

По оценке Долгих С.А. [1] на территории бассейна в 21 веке ожидается дальнейшее потепление климата при всех рассматриваемых сценариях выбросов парниковых газов (ПГ) (табл. 1). Наименьшие изменения температуры воздуха произойдут по сценарию В1, наибольшие – по сценарию А1В. Уже к 2030 г. величина потепления климата превысит стандартное отклонение, характеризующее межмодельный разброс оценок. Это говорит о четком сигнале повышения температуры воздуха. При этом модели показывают достаточно близкие по величине изменения температуры воздуха, так как стандартное отклонение составляет  $\pm 0,3$ – $\pm 0,4$  °С.

Таблица 1 – Изменения осредненных по территории бассейна р. Иле-оз. Балкаш среднегодовой температуры приземного воздуха (°C) и годового количества атмосферных осадков (%) [1].

Характеристика	Период					
	2016–2045		2036–2065		2071–2099	
	B1	A1B	B1	A1B	B1	A1B
температура воздуха	1,6	1,8	2,0	2,8	2,6	4,1
осадки	5,0	8,3	7,9	9,3	9,0	12,4

На рис. 1 представлены результаты моделирования стока реки Иле – с. Ямату за период 2016–245 гг. (2030 г.) по климатическим сценариям A1B, B1.

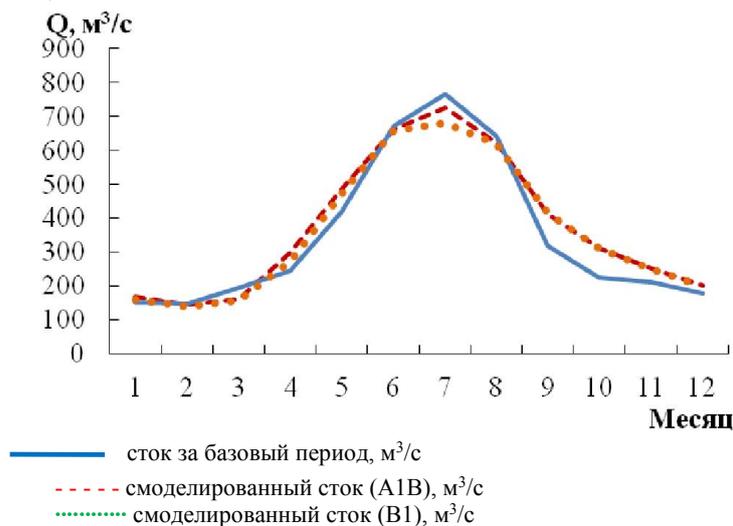


Рис. 1. Среднеголетний (2016–2045 гг.) гидрограф стока р. Иле – с. Ямату, смоделированный по сценариям A1B и B1.

Как показывают рассматриваемые сценарии климата, в бассейне реки Иле к 2030 г. будет наблюдаться увеличение атмосферных осадков в горной территории на 5–9 % по сравнению с их значениями за базовый период (1961–1990 гг.).

При тенденции изменения климата, в соответствии со сценариями A1B и B1, сток реки Иле к 2030 году вероятно будет увеличиваться, в сравнении с его значениями за базовый период. В среднем это увеличение может составить 4–6 % от стока за базовый период.

На рис. 2 представлены результаты моделирования стока реки Иле – с. Ямату по климатическому сценарию A1B и B1 на 2050 г.

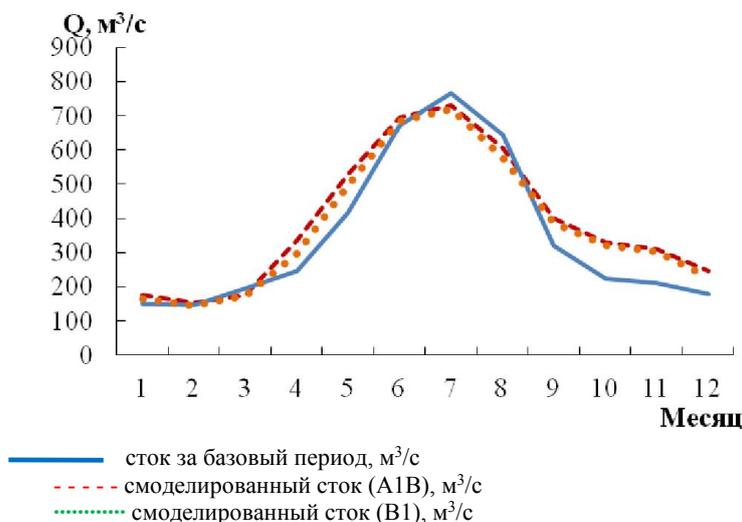


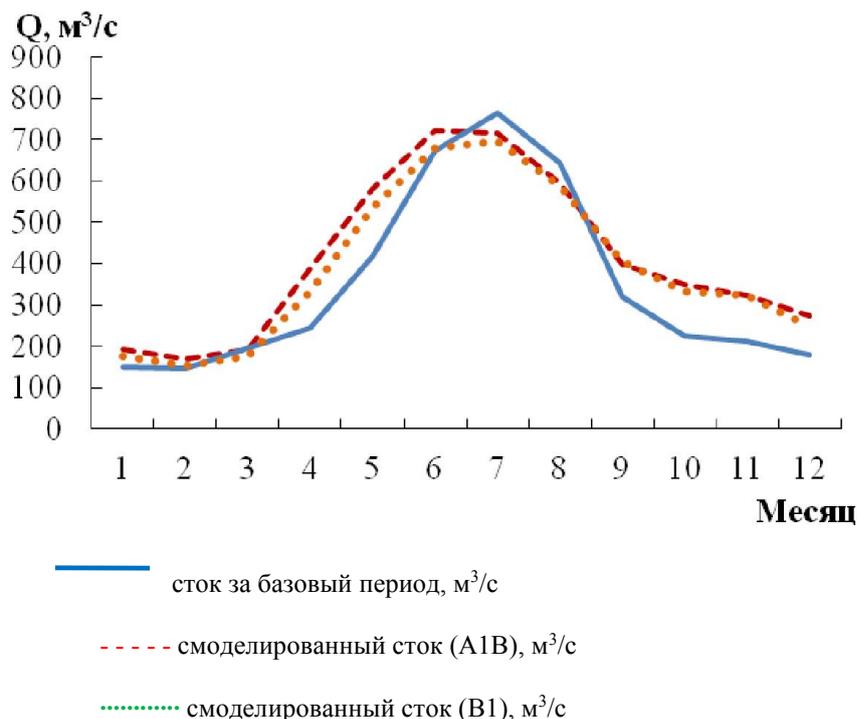
Рис. 2. Среднеголетний (2036–2065 гг.) гидрограф стока р. Иле – с. Ямату, смоделированный по сценариям A1B и B1.

Согласно климатическим сценариям, увеличение количества атмосферных осадков продолжится и может составить 10–12 % от их значений за базовый период или 2 % по сравнению с предыдущим периодом (2016–2045 гг.).

Если тенденция повышения атмосферных осадков, смоделированная сценариями климата, будет продолжаться, то сток р. Иле в створе с. Ямату, может увеличиться к 2050 г. на 7–12 %, по сравнению с его значением за базовый период (1961–1990 гг.).

Последний период моделирования характеризует изменение стока реки Иле под влиянием климата к концу 21-го века.

На рис. 3 представлены результаты моделирования стока реки Иле по выбранным климатическим сценариям на 2085 г. Количество атмосферных осадков за период 2071–2100 гг. несколько увеличится. Это увеличение составит порядка 12–15 % от базового периода.

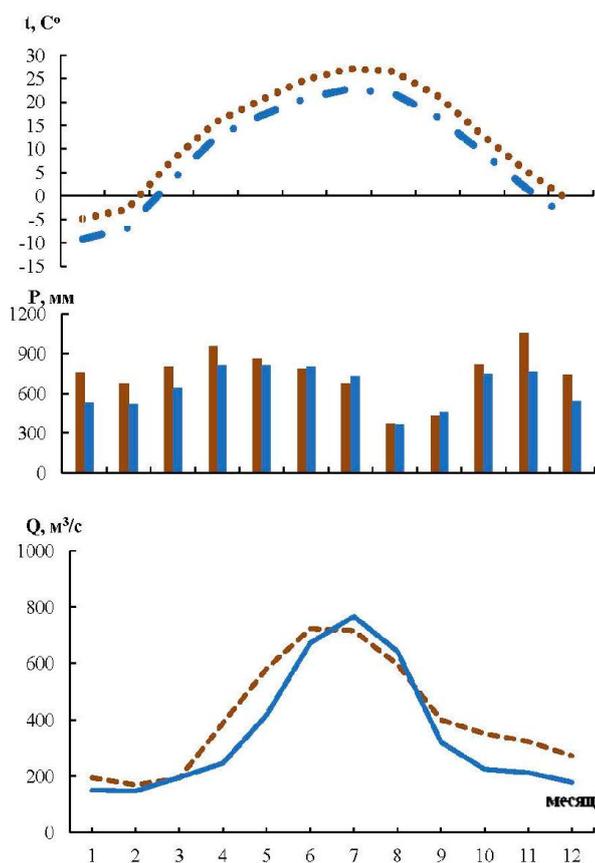


**Рис. 3.** Среднегодовой (2071–2100 гг.) гидрограф стока р. Иле – с. Ямату, смоделированный по сценариям A1B и B1.

Стоит отметить, что произведенные расчеты стока реки Иле на будущее не учитывают потребления воды из этой реки на хозяйственные, промышленные и бытовые нужды. Так как, смоделированный сток сравнивается со стоком за период 1961–1990 гг., то есть за период практически естественного стока, когда забор воды на хозяйственные нужды был достаточно не велик.

Важно отметить, что увеличение стока в основном будет происходить в весенний и осенне-зимний период, что объясняется увеличением количества осадков именно в эти месяцы.

А в летнее время, наоборот, будет отмечаться некоторое снижение стока, в связи с уменьшением количества осадков, увеличением температуры воздуха и деградацией горного оледенения. На рис. 4, для более наглядного представления изменения температуры воздуха, количества осадков и стока реки, приведен комплексный график.



- ..... Значения температуры воздуха, смоделированные по сценарию А1В, С°
- Значения температуры воздуха, наблюдаемые за базовый период, С°
- Количество осадков, смоделированных по сценарию А1В, мм
- Количество осадков, наблюдаемых за базовый период, мм
- Сток за базовый период, м³/с
- смоделированный сток, м³/с

**Рис.4.** Комплексный график смоделированных (сценарий А1В, за 2071–2100 гг.) и наблюдаемых значений температуры воздуха, атмосферных осадков и расхода воды реки Иле

#### Заключение

Результаты моделирования стока реки Иле в створе с. Ямату под влиянием изменения климата до конца 21-го века, показывают, что при изменении климата, описанном сценариями А1В и В1, сток реки Иле будет постепенно увеличиваться. К 30-м годам 21-го века сток может увеличиться на 4–6 % по сравнению с его значением за базовый период. В дальнейшем, при продолжении увеличения количества атмосферных осадков, сток реки Иле в створе с. Ямату увеличится на 7–12 % от его значений за 1961–1990 гг. И к концу столетия, при сохранившейся тенденции изменения климата, сток рассматриваемой реки может достигнуть увеличения на 11–17 % в зависимости от стока за базовый период. Также изменится внутригодовое распределение стока. Увеличение стока будет наблюдаться в основном в весенние и осенне-зимние периоды, а в летние месяцы, наоборот, последует его уменьшение.

На следующем этапе будет проведена оценка и моделирование стока р. Иле без учета оледенения. Это позволит оценить изменение стока на перспективу после деградации оледенения.

#### Литература:

1. Оценочный доклад об изменениях климата на территории Казахстана/под рук. Долгих С.А. - Караганда: Экожан, 2014. – 56 с.
2. Jan Seibert. HBV light version 2, Users Manual. Stockholm University, Department of Physical Geography and Quaternary Geology. 2005. – 32 p.
3. Галаева А.В. О возможности применения модели HBV для моделирования стока рек Или и Иртыш // Гидрометеорология и экология, №2, 2013. С. 108–114.

Рецензент: д.г.н., профессор Эргешов А.А