

УДК 536.16

PhD
PhDА.А. Нурбацина¹
Ю. Дидовец²
А. Лобанова²**АДАПТАЦИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ SWIM ДЛЯ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТОКА РАВНИННЫХ РЕК КАЗАХСТАНА
ВО ВРЕМЯ ПАВОДКОВ/ПОЛОВОДЬЯ**

Ключевые слова: гидрологическая модель, моделирование стока, весеннее половодье, водосборная область, бассейны рек, объем воды, цифровая модель рельефа, гидротопы

Произведена адаптация гидрологической модели SWIM для равнинных рек Казахстана. Дана оценка возможности применения модели в оперативной практике гидрологического прогнозирования, с заблаговременностью 3...7 дней. Результаты эффективности модели SWIM для равнинных рек показали, что модель хорошо воспроизводит динамику моделируемого стока с наблюдаемым, критерии Нэша-Сатклиффа составили 0,78...0,88.

Средняя оправдываемость гидрологических прогнозов во время паводков/половодья 2018 г., по 4-м равнинным рекам составила – 79 %.

«Гидрологический прогноз — это предварительная оценка будущих характеристик гидрологического явления». Прогноз по гидрологической модели выполняется для участка реки в районе конкретного поста наблюдения, особенности которого используются при настройке модели, с помощью соответствующей базы данных. Периодичность критических аномалий выпадения осадков, либо резкое таяние снежного покрова при «дружности» весны, могут привести к формированию или слишком большого, или слишком маленького объема водных ресурсов, следствием которого являются наводнения или засухи [14].

По данным исследований, наводнения и засухи во многих регионах Центральной Азии становятся все более разрушительными. При том весенние и дождевые паводки, составляют около 30 % от общего числа бедствий

¹ Научно-исследовательский центр РГП «Казгидромет», Казахстан

² Potsdam Institute for Climate Impact Research, Germany

[17]. Паводковые наводнения на реках представляют собой опасное чрезвычайное бедствие, приносящее значительный природный и экономический ущерб. За последние 15 лет в Казахстане произошло более 300 наводнений различного происхождения, из них 70 % вызваны весенним половодьем [1, 3]. Причинами возрастания частоты наступления опасности наводнений являются: увеличение численности и плотности населения, проживающего на берегах рек, прокладка инфраструктурных (транспорт, энергия, связь, вода) объектов вдоль рек, зарегулированность рек и состояние гидротехнических сооружений, а также изменение климата, с которым связано увеличение аномалий среднегодовых температур воздуха и годовых сумм атмосферных осадков [3, 27, 8].

Адаптированная численная модель позволяет определять расход воды в реке на несколько дней вперед (в зависимости от заблаговременности прогнозных данных).

Качество любой модели базируется на качестве входных данных. Необходимые для гидрологического прогнозирования данные, можно разбить на группы: а) физико-географические; б) гидрологические; в) гидро-метеорологические. Данные географических информационных систем (ГИС) требуются, как для калибровки модели, так и для визуализации состояний модели и результатов моделирования. Данные включают различную информацию о подстилающей поверхности, такую как вид почвы, геологическое строение, растительность и высотные отметки цифровых моделей рельефа. Эффективность системы гидрологического прогнозирования будет зависеть от надежности и количества данных наблюдений и данных ГИС, применяемых для определения параметров.

В зависимости от наличия данных и по мере развития методов обработки гидрометеорологической информации, могут применяться различные типы гидрологических, гидрогеологических, гидравлических моделей, таких как концептуальная модель «Сакраменто» для казахстанского типа рек [10], HBV [22, 20] и HBV-96, распределенная модель WASA [23, 7], «Гидрограф» [2, 18], SWAT [12], GMS ModFlow [28, 29], DHI MIKE SHE, MIKE Hydro, MIKE 21 и MIKE 11 [21].

В 2018 г. в РГП «Казгидромет» произведены значимые изменения в разработке гидрологических прогнозов:

- Были созданы цифровые модели рельефа местности для определения объемов влагозапасов в млн. м³ в бассейнах равнинных рек Казахстана.

- Производится адаптивное численное моделирование гидрологического прогнозирования, по незарегулированным стокам рек.
- Были созданы карты площадей покрытия снежным покровом (в %) бассейнов рек, при использовании космических снимков спутников NASA, EUMETSAT и ГИС-технологии.
- Филиалами Казгидромет и ДЧС осуществляются совместные маршрутные обследования для определения скопления снеготопливных запасов в оврагах, лощинах, лесопосадках, не учитываемые станциями гидрометеорологического мониторинга [13].

В настоящее время, в Научно-исследовательском центре РГП «Казгидромет», в режиме тестирования, была апробирована немецкая гидрологическая модель SWIM (Potsdam Institute for Climate Impact Research, Germany) [24].

Объекты исследования. Определение объектов исследования проводилось в соответствии с рекомендациями использования гидрологической модели SWIM, по следующим ключевым критериям:

- полнота данных, где входными параметрами являются гидрологические данные (среднесуточный расход) и климатические данные (средняя, максимальная и минимальная суточная температура воздуха, количество осадков, относительная влажность воздуха, солнечная радиация, средняя скорость ветра);

- незарегулированность или малая зарегулированность рек;

- рекомендованная площадь речного бассейна – от 1500 км² до 40 000 км².

Для адаптации и тестирования модели были выбраны 4 равнинные реки: рр. Деркул и Шаган – реки Западно-Казахстанской области, р. Сарысу в Карагандинской области и р. Тобол в Костанайской области (рис. 1).

Река Деркул в бассейне р. Урал является крупнейшим притоком р. Шаган. Берет свое начало на возвышенности Общий Сырт. Длина реки – 176 км, площадь бассейна – 2250 км². Река пересыхающая, имеет несколько небольших притоков [6]. Река Шаган – правый приток р. Урал. Длина реки 264 км, площадь водосборного бассейна – 7530 км² [4]. Многоводна только в весеннее время, образует довольно большие разливы. Река Сарысу берёт начало с Казахского мелкосопочника, образуется слиянием рек Жаксы-Сарысу, Нарбак, Шотан. Длина Сарысу меняется в зависимости от половодья от 800 до 761 км. Площадь бассейна составляет 81 600 км² [19].

Река Тобол левый и самый многоводный приток Ертиса. Длина реки – 1591 км, площадь водосборного бассейна – 426 000 км². Образуется р. Тобол при слиянии реки Бозбие с рекой Кокпектысай на границе восточных отрогов Южного Урала и Тургайского плато [5].

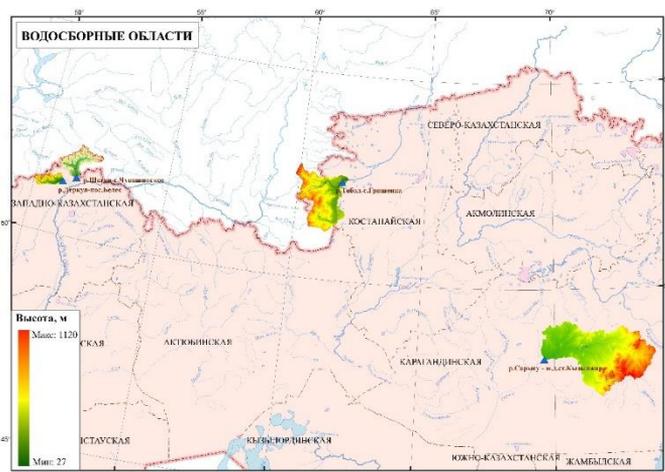


Рис. 1. Карта-схема водосборных областей исследуемых 4-х равнинных рек Казахстана.

Питание на всех реках снегово-дождевое и грунтовое. Основные характеристики исследуемых водосборов (до указанного створа) представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные гидрологические характеристики исследуемых водосборов рек.

Гидрологический створ	Длина от истока до створа, км	Площадь водосбора, км ²	Средний многолетний расход, м ³ /с
р. Деркул–пос.Белес	122	1 924	2.32
р. Шаган–с.Чувашинское	186	4 487	6.09
р. Тобол–с.Гришенка	192	13 674	7.35
р. Сарысу–ж.д.ст.Кызылжар	50	34 615	3.91

Достаточная гидрометеорологическая сеть — важнейшее условие для прогнозирования паводков. В большинстве случаев оперативная деятельность наблюдательной сети является самым слабым звеном в рамках комплексной системы. В частности, для прогнозирования паводков и засух необходимо иметь, по крайней мере, однородные и репрезентативные данные постов и станций о стоке, осадках, температуре

воздуха [15]. Для интерполяции метеорологических данных в модели SWIM необходимо наличие минимум 3-х станций наблюдений для исследуемого водосбора.

Плотность наблюдательной сети в Казахстане составляет 1 МС на 10,4 тыс.км², что далеко недостаточно для полноценного освещения нашей территории. По нормам ВМО 1 МС должна освещать не более 4,0 тыс. км², значит в Казахстане должно быть 683 МС, т.е. в 2,6 раза больше имеющихся [16]. На основе действующей гидрометеорологической сети РГП «Казгидромет», были выбраны следующие метеорологические станции и климатические характеристики за период январь 2000...апрель 2018 гг.:

- для бассейнов рр. Деркул и Шаган – МС Каменка, Уральск, Январцево;
- для бассейна р. Сарысу – МС Кызылжар, Кызылтау, Атасу (Жана-Арка), Акадыр, Жарык, Аксу-Аюлы, Берлик.
- для бассейна р. Тобол – МС Жетыкара, Аршалинск (з/свх), Тобол.

Задачи. Для ввода модели в оперативную практику необходимо ее тщательное тестирование и проверка результатов на качество. При проведении тестирования были решены следующие задачи:

- проведение анализа гидрометеорологических данных по водосборам исследования, создание информационной базы для моделирования, включающую входную информацию, параметры модели, начальные и граничные условия на основе ГИС-технологий;
- адаптация гидрологической модели SWIM к условиям 4–х равнинных рек, проведение процессов калибровки и валидации модели;
- получение прогностической метеорологической информации и интерполяция параметров в R-studio;
- разработка и составление консультационных прогнозов;
- оценка качества прогнозов.

Описание модели SWIM. Модель SWIM (интегрированная модель почвы и воды) впервые была описана в 1989 г., разработчиками которой являются д-р. Крысанова В. и др, и основана на структуре другой модели – SWAT (Soil and Water Assessment Tool), в которую был добавлен концепт гидротопов.

Модель SWIM включает в себя трехуровневую схему разбивки на гидрологические слои и несколько измененных процедур, например трассирование рек и модули лесонасаждений, а также новые процедуры для изу-

чения воздействий, таких как генератор урожая, интерполяция климатических данных, регулирование фотосинтеза и транспирации применительно к высоким значениям CO_2 , удерживание питательных веществ и модуль углеродного цикла [11].

Модель относится к полу-распределенным, непрерывным, эко-гидрологическим моделям концептуального типа.

Модули и процессы, включенные в модель:

- гидрологический модуль;
- биогеохимический;
- вегетационный.

Модель SWIM работает на суточном временном шаге и использует в качестве входных данных климатические, земельные, топографические, растительные и почвенные наборы данных. Модель была успешно применена для многочисленных водосборов в разных масштабах и с различными природными условиями в Европе, Азии, Америке и Африке.

Результаты и методы. Для высотного анализа бассейнов использовались трехмерные снимки SRTM (Shuttle radar topography mission). На основе данных SRTM подготовлены 4 цифровые модели рельефа (ЦМР) исследуемых бассейнов рек, с расширением 30x30 м. Проведен анализ рельефа каждого бассейна (направление потока, локальное понижение, заполнение, общий суммарный сток, идентификация, порядок водотоков, привязка точек устьев).

Используя ЦМР бассейнов, карты землепользования растительности (MODIS) и карты типов почв (F.A.O.) были построены гидротопы водосборов – участки с однородными климатическими и гидрологическими характеристиками (рис. 2).

Для определения периода калибровки и валидации, были проанализированы исторические данные по температуре воздуха, на основе которых можно сделать вывод, что температурный режим Казахстана показывает значения стабильно выше нормы с 2000 г. Каждый год на протяжении 18 лет, начиная с 2001-го, был как минимум на 0,4 °С теплее в сравнении со средним значением за 1961...1990 гг. Глобальные температуры продолжают соответствовать тенденции к потеплению на 0,1...0,2 °С за десятилетие (рис. 2) [9].

Учитывая, что в моделировании температурная характеристика является одной из самых чувствительных и определяющих для калибровки и валидации модели, было принято использовать период после 2000-х гг.

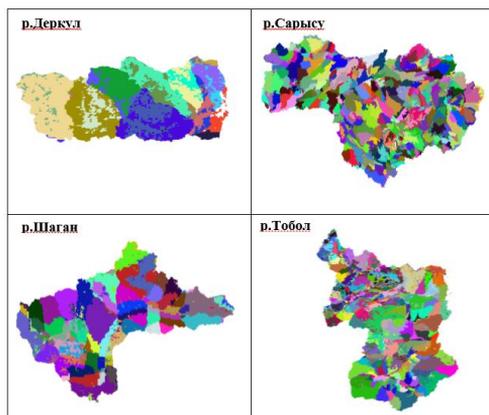


Рис. 2. Карты гидротопов для исследуемых 4-х бассейнов равнинных рек Казахстана.

Результаты адаптации гидрологических моделей на реках имеют высокую зависимость от процесса калибровки, которая является по сути поиском и подбором оптимального набора параметров для исследуемой территории. В модели SWIM более 35 калибровочных параметров [25] и коэффициентов, для каждой реки был выбран свой период калибровки:

1) р. Деркул-пос. Белес – период калибровки 2009...2017 гг.

Оптимальные параметры калибровки сначала были подобраны для гидрографа по ежедневным многолетним значениям с 2009 по 2017 гг. (рис. 3), затем уточнение калибровочных параметров проводилось для гидрографов с суточным и месячным шагами (рис. 4).

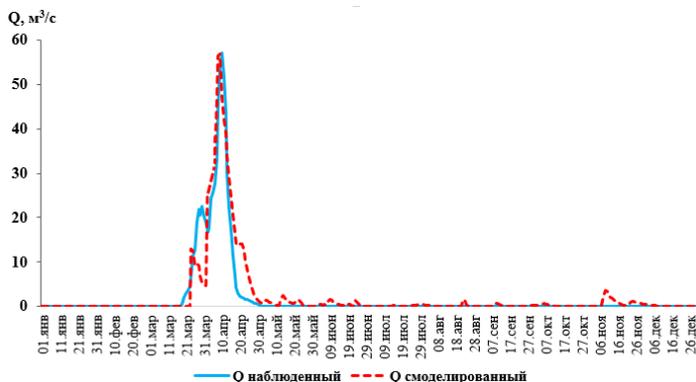


Рис. 3. Сравнение фактического и смоделированного гидрографов реки Деркул-пос. Белес по ежедневным многолетним расходам воды за 2009...2017 гг.

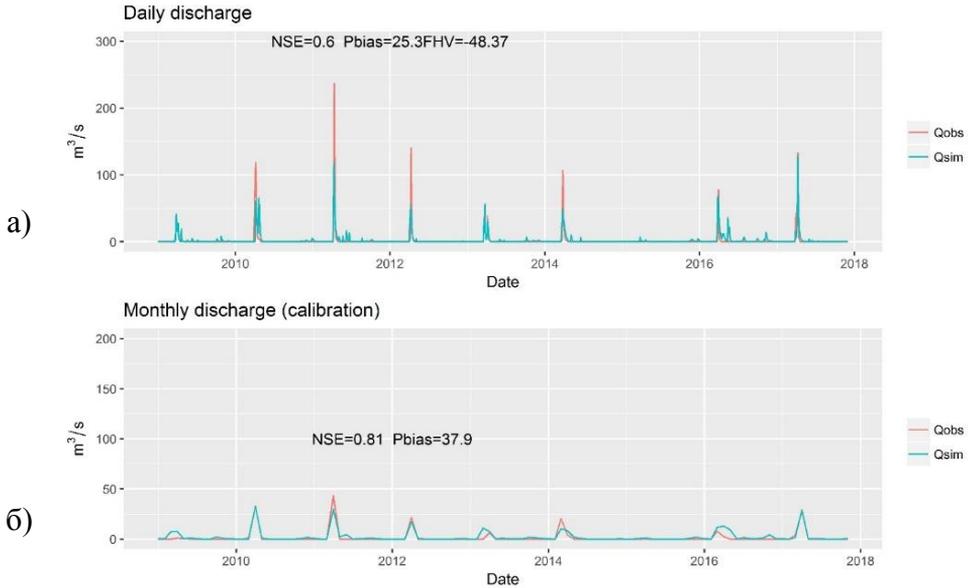


Рис. 4. Сравнение фактического и смоделированного гидрографов стока р. Деркул – пос. Белес с 2009 по 2017 гг. в результате калибровки а) по ежедневным расходам воды; б) по среднемесячным значениям расхода воды.

2) р.Сарысу - ж.д.ст. Кызылжар – период калибровки 2007...2017 гг.

Результаты наилучшей калибровки параметров модели для р. Сарысу – ж.д.ст. Кызылжар, а также сравнение гидрографов стока для данного створа показаны на рис. 5 и 6.

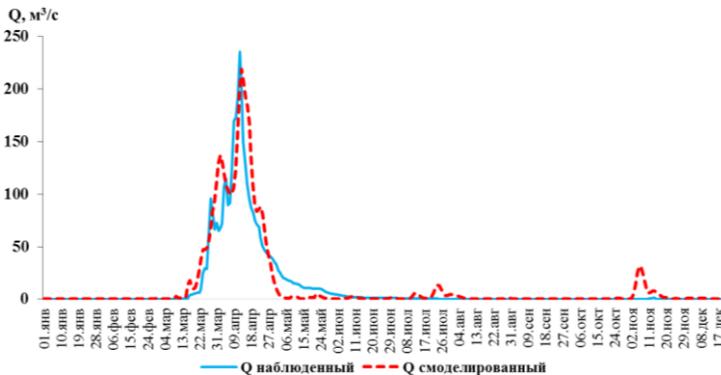


Рис. 5. Сравнение фактического и смоделированного гидрографов р. Сарысу – ж.д.ст. Кызылжар по ежедневным многолетним расходам воды за 2007...2017 гг.

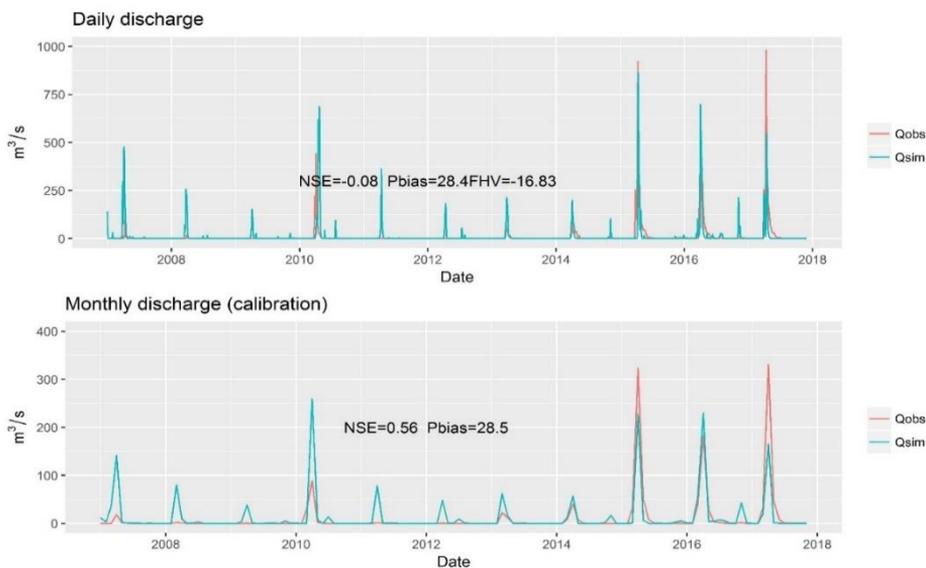


Рис. 6. Сравнение фактического и смоделированного гидрографов стока р.Сарысу – ж.д.ст.Кызылжар с 2007 по 2017 гг. в результате калибровки а) по ежедневным расходам воды; б) по средне месячным значениям расхода воды.

3) р. Шаган - с. Чувашинское – период калибровки 2008...2017 гг.

Результаты наилучшей калибровки параметров модели для р. Шаган - с. Чувашинское, а также сравнение гидрографов стока для данного створа показаны на рис. 7 и 8.

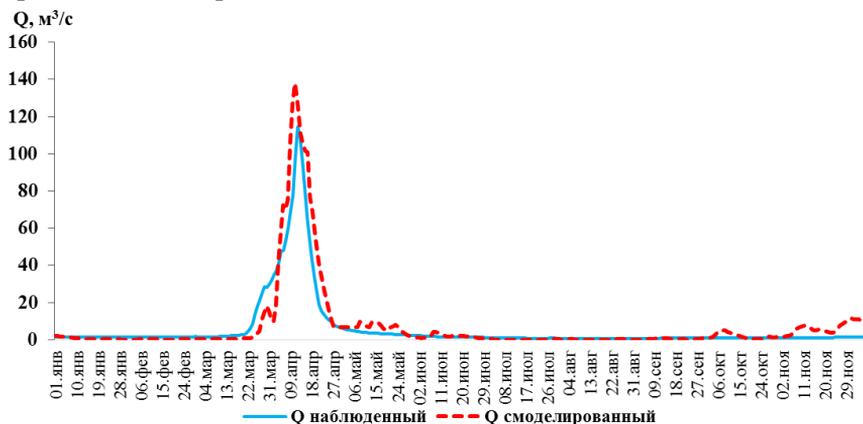


Рис. 7. Сравнение фактического и смоделированного гидрографов р. Шаган – с. Чувашинское по ежедневным многолетним расходам воды за 2008...2017 гг.

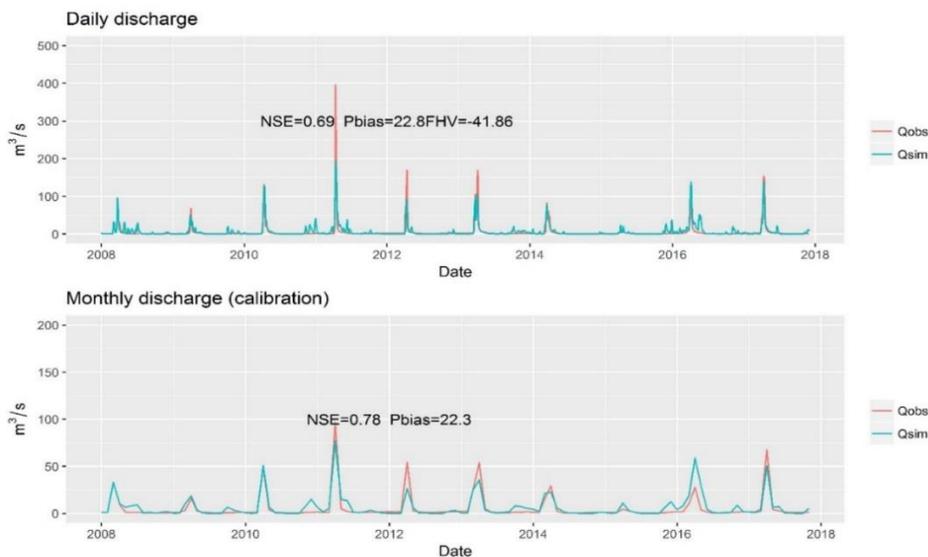


Рис. 8. Сравнение фактического и смоделированного гидрографов стока р. Шаган – с. Чувашинское с 2008 по 2017 гг. в результате калибровки а) по ежедневным расходам воды; б) по средним месячным значениям расхода воды.

4) р. Тобол - с. Гришенка – период калибровки 2000...2015 гг.

Сравнение гидрографов стока для створа р. Тобол - с. Гришенка по результатам калибровки параметров модели показано на рис. 9.

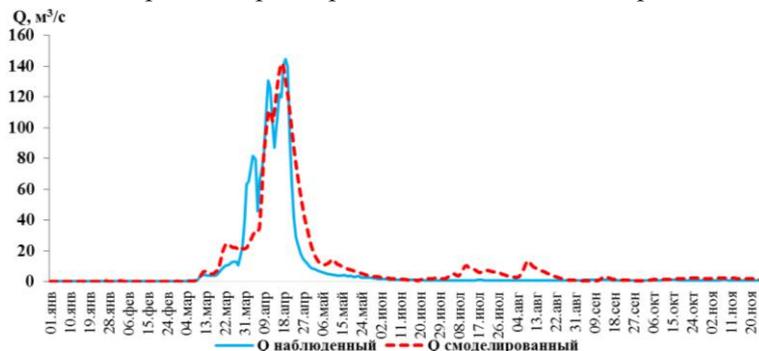


Рис. 9. Сравнение фактического и смоделированного гидрографов реки р. Шаган – с. Чувашинское по ежедневным многолетним расходам воды за 2000...2015 гг.

Для калибрования использовались синхронные ряды стока и метеорологические данные за 9...15 лет. В период калибрования были включены различные по водности гидрологические годы: многоводные, маловодные и средние по водности.

Результаты эффективности модели приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты оценки эффективности модели по критерию Нэша-Сатклиффа

Река-пункт	Метеостанции	Период калибровки, гг.	R_{eff}
р. Деркул – пос. Белес	Каменка, Уральск, Январцево.	2009...2017	0,88
р. Сарысу – ж.д.ст. Кызылжар	Кызылжар, Кызылтау, Жана-Арка, Акадыр, Жарык, Аксу-Аюлы, Берлик.	2007...2017	0,85
р. Шаган – с. Чувашинское	Каменка, Уральск, Январцево.	2008...2017	0,83
р. Тобол – с. Гришенка	Жетыкара, Аршалинск (з/свх), Тобол.	2000...2015	0,78

При калибровке параметров исследуемых рек, эффективность модели, рассчитанная по уравнению NSE, составила 0,78...0,88, что говорит о тесной связи между наблюдаемыми и смоделированными расходами воды.

Заключение. Для исследуемых водных объектов была адаптирована гидрологическая модель SWIM. Проведена работа по калиброванию параметров для каждой реки в отдельности. Результаты эффективности модели SWIM для равнинных рек показали, что модель хорошо воспроизводит динамику моделируемого стока с наблюдаемым, критерии Нэша-Сатклиффа составили 0,78...0,88.

В период производственных испытаний, во время паводков/половодья 2018 г., оправдываемость консультационных прогнозов по SWIM по каждой реке составила:

- 1) р. Деркул – пос.Белес – 84 %;
- 2) р. Сарысу – ж.д.ст.Кызылжар – 75 %;
- 3) р. Шаган – с.Чувашинское – 83 %;
- 4) р. Тобол – с.Гришенка – 76 %.

Средняя оправдываемость гидрологических прогнозов численным методом по 4-м равнинным рекам составила – 79 %.

Таким образом, гидрологическая модель SWIM была адаптирована для прогнозирования стока воды с суточным ходом, с заблаговременностью 3...7 дней. Модель SWIM может применяться в оперативной практике РГП

«Казгидромет», для составления краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных прогнозов расхода и объема воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М.Ж., Волчек А.А., Калинин М.Ю. Водные ресурсы Центральной Азии и их использование // «Вода для жизни»: Матер. междунар. научно-практ. конф., посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия. Кн. 2. – Алматы, 2016.– С. 372-377.
2. Виноградов Ю.Б., Виноградова Т.А. Математическое моделирование в гидрологии. — М.: Академия, 2010. – 304 с.
3. Гальперин Р.И. О водных опасностях в Казахстане / Р. И. Гальперин // Водные ресурсы Центральной Азии и их использование // «Вода для жизни»: Матер. Междунар. научно-практ. конф., посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия. Кн. 2. – Алматы, 2016.– С. 378-386.
4. Государственный водный реестр. Река Чаган (Шаган, Бол. Чаган) [Электрон. ресурс]. – 2009. – URL: <https://www.textual.ru> (дата обращения: 10.01.2018).
5. Государственный водный реестр. Река Тобол [Электрон. ресурс]. – 2009. – URL: <https://www.textual.ru> (дата обращения: 10.01.2018).
6. Дерколь. Казахстан. Национальная энциклопедия. Т. II. – Алматы: Қазақ энциклопедиясы, 2005. – 560 с.
7. Дьютман Д. Наблюдаемые изменения расходов воды и оценка будущих изменений // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. – Т. II. – Гл. II/88. – Москва, 2018.– С. 410.
8. Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана за 2016 г. МЭ РК, РГП «Казгидромет», Астана, 2017. – С. 58.
9. Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана: 2018 г. МЭГПР РК, НИЦ РГП «Казгидромет», Нур-Султан, 2019. – С. 8-30
10. Кумейко А.С. Концептуальная модель «Сакраменто» применительно к Казахстанскому типу рек на примере р.Калкутан // Сборник материалов IX Междунар. научной конф. студентов и молодых ученых "Наука и образование - 2014", Астана, 2014. – С. 4347-4349.
11. Кожаметов П.Ж. Об оптимизации метеорологической сети Казахстана // Гидрометеорология и экология. – 2012. – № 2. – С. 7-15

12. Лычак А.И., Бобра Т.В., Яценков В.О. SWAT – Моделирование: Возможности и перспективы использования в Крыму // Ученые записки Таврического Национального Университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. – Т. 24 (63). – № 2-2. – 2011. – С. 34-43.
13. Официальный сайт РГП «Казгидромет». [Электронный ресурс] - <https://kazhydromet.kz/ru/news/pavodok-2018> (дата обращения: 05.03.2018).
14. Руководство по гидрологической практике. Т II, Глава 7. Раздел 7.1. Пункт 7.1.1. Предметный охват. Издание ВМО, Женева, 2012. – С. II-7-1.
15. Руководство по гидрологической практике, Т. II. Глава 7. Раздел 7.2.2. Данные, необходимые для создания прогностической системы. ВМО, Женева, 2009. – С. II-7-10.
16. Руководство по гидрологической практике. Т. II. Глава 6. Моделирование гидрологических систем. Раздел 6.2 и 6.3. ВМО, Женева, 2009.– С. II. 6-48.
17. Сагинтаев Ж., Атанов С., Гафуров А. Обзор методов моделирования для оценки риска геологической опасности // Центральноазиатский журнал исследований воды. – № 3(1). – 2017. – С. 39-48.
18. Степаненко В.М., Миранда М.П., Лыкосов В.Н. Численное моделирование мезомасштабного взаимодействия атмосферы и гидрологически неоднородной суши // Вычислительные технологии. – 2008. – Т. 13. – Спец. Вып. 3. – С. 118-128.
19. Стесин Л.Б., Мальцев С.Н. Голубые дороги. – Алма-Ата, 1983. – С. 59-62, 112.
20. Шиварева С.П., Авезова А. Применение модели HBV для расчета стока р. Оба на перспективу с учетом изменения климата // Гидрометеорология и экология. – 2015. – № 4. – С.66-71.
21. DHI MIKE is the global organization dedicated to solving challenges in water environments worldwide. [Электрон. ресурс] – 2017. – URL: <https://www.mikepoweredbydhi.com/>. (дата обращения: 27.11.2018).
22. Gafurov, A., Goetzinger, J. and Bårdossy, A. Hydrological modeling for meso scale catchments using globally available data // Hydrology and Earth System Sciences Discussion. – 2016. – № 3(4), P. 2209-2242.
23. Günter, A. and Bonstert. A. Representation of landscape variability and lateral redistribution processes for a large-scale hydrological modeling in semi-arid areas // Journal of Hydrology. – 2004. – №297 (1-4), P. 136-161.
24. Krysanova, V., Müller-Wohlfeil, D.I., Becker, A. Integrated Modelling of Hydrology and Water Quality in mesoscale watersheds // PIK Report №.

- 18, July 1996, Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), Germany, 1996b. – 32 p.
25. Krysanova V., Wechsung F. SWIM – User Manual. Potsdam Institute for Climate Impact Research, Potsdam, Germany in collaboration with Jeff Arnold, Ragavan Srinivasan and Jimmy Williams USDA ARS, Temple, TX, USA Version: SWIM-8, December 2000 / Swim-chapter 4. P. 161-239.
 26. Earth Observatory NASA, Natural Hazards Central Asia. [Электрон. ресурс]. – 2017. – URL: <https://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards>. (дата обращения: 12.02.2018).
 27. Preventing the flooding of the Seine in the Paris – Ile de France region. Progress made and future challenges. OECD High Level Risk Forum Public Governance Directorate. Report. [Электрон. ресурс] – 2018. – URL: <http://www.oecd.org/gov/risk/preventing-the-flooding-of-the-seine-2018.htm>. (дата обращения: 5.03.2018).
 28. Sagintayev, J., Yerikuly Z., Zhaparkhanov S., Panichkin V., Miroshnichenko O. and Mashtayeva S. Groundwater inflow modeling for Kazakhstan copper ore deposit // Journal of Environmental Hydrology. – 2015. – №1 (23), Paper 9. P. 9-10.
 29. Sagintayev, J., Salybekova V., Kalitov D., Zavaley V. and Rakhimov T. Numerical Modeling of the Intensification Processes of Groundwater Treatment for Hexavalent Chromium Using In Situ Technology // Journal of Environmental Hydrology. – 2016. – №24, Paper 4, P. 1-13.

Поступила 12.12.2019

PhD
PhD

А.А. Нурбацина
Ю. Дидовец
А. Лобанова

СУ ТАСҚЫНЫ/КӨКТЕМГІ ТАСҚЫНЫ КЕЗІНДЕ ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЖАЗЫҚ ӨЗЕНДЕРІНІҢ АҒЫСЫН БОЛЖАУ ҮШІН SWIM ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ МОДЕЛІН БЕЙІМДЕУ

Түйінді сөздер: гидрологиялық үлгі, ағысты модельдеу, көктемгі су тасқыны, су жинау облысы, өзен бассейндері, су көлемі, рельефтің сандық моделі, гидротоптар

SWIM гидрологиялық моделінің Қазақстанның жазық өзендерінде бейімделуі жүргізілді. Жедел тәжірибеде гидрологиялық болжауды қолдану мүмкіндігін 3...7 күн бұрын бағалау анықталды. Жазық өзендерге арналған SWIM моделінің тиімділік нәтижелері модель бақыланған ағын динамикасын жақсы ойнайтынын көрсетті, Нэш-Сатклифтің өлшемдері 0,78...0,88 құрады.

Гидрологиялық болжамдардың сандық әдіспен орташа ақталуы, су тасқыны/су тасқыны кезінде 2018 ж., 4 жазық өзен бойынша – 79 % құрады.

A.A. Nurbatsina, Yu. Didovets, A. Lobanova

ADAPTATION OF HYDROLOGICAL MODEL SWIM FOR FORECASTING PLAIN RIVERS DISCHARGE OF KAZAKHSTAN DURING FLOOD/SNOW MELT FLOOD PERIODS

Key words: hydrological model, modeling of discharge, spring flood, catchment area, river basins, water volume, digital elevation model, hydrotopes

The hydrological model of SWIM was adapted to the plain rivers of Kazakhstan. In this study determined the assessment of possibility of using model in operational practice of hydrological forecasting with a lead-time of 3...7 days. Results of efficiency of SWIM model for plain rivers showed, that the model reproduced the 'good' dynamics of the simulated runoff with the observed, Nash-Sutcliffe criteria were 0.78...0.88.

The average predictability of hydrological forecasts by the numerical method during the floods / snowmelt flood periods of 2018 for the four plain rivers were 79 %.