

УДК 556.16.5

Доктор геогр. наук
Канд. геогр. наукС.К. Давлетгалиев¹
А.К. Мусина¹**ОЦЕНКА СЛОЯ ВЕСЕННЕГО СТОКА РЕК ЖАЙЫК-КАСПИЙСКОГО БАСЕЙНА ПРИ ОТСУТСТВИИ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ**

Ключевые слова: весеннее половодье, норма слоя стока, районные зависимости, определяющие факторы, графики связи, карта изолиний

В статье исследованы зависимости слоя стока и коэффициента вариации весеннего половодья от физико-географических факторов. Построены карты изолиний слоя стока и коэффициента вариации весеннего половодья посредством программного продукта ArcGIS 10.2. Произведена оценка точности расчетов стока.

Сведения о весеннем стоке: о сроках прохождения половодья, его продолжительности, максимальных расходах воды, слоях стока приводятся в опубликованных материалах Казгидромета: «Основные гидрологические характеристики стока», «Многолетние данные о режимах и ресурсах поверхностных вод суши». В этих материалах сведения о весеннем стоке приводятся не по всем рекам и не за все годы. Это объясняется изменением естественного режима реки в результате забора воды для хозяйственных нужд, регулирующего влияния водохранилищ или из-за отсутствия наблюдений. По некоторым рекам и пунктам сведения о весеннем стоке приведены не в полном объеме или имеют значительные пропуски.

Из-за отсутствия надежных данных о естественных характеристиках весеннего стока рек Караозен (Большой Узень) и Сарыозен (Малый Узень) карты изолиний слоя весеннего стока не охватывают бассейны этих рек. С учетом наличия данных о весеннем стоке и его продолжительности для расчета характеристик весеннего стока Жайык-Каспийского бассейна отобраны 55 пунктов наблюдений.

При отсутствии характеристик весеннего стока: нормы слоя и максимального стока весеннего половодья, по картам изолиний можно определить эти характеристики. Это можно сделать по региональным зависимостям от определяющих факторов, приведенных в [6, 7]. Однако мате-

¹ КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

риалы 60...70-тых годов прошлого века устарели и нуждаются в уточнении с учетом данных последних тридцати-сорока лет.

Для оценки нормы весеннего стока исследуемого района рассмотрена возможность расчета их по указанным способам. Для этого эти характеристики приведены к многолетнему периоду (1940...2015 гг.). В качестве основных региональных факторов выбрана площадь водосбора. Результаты оценки зависимости слоя весеннего стока от площади водосбора по отдельным бассейнам рек Жайык-Каспийского (Урало-Каспийского) водохозяйственного бассейна представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика зависимости слоя весеннего стока от площади водосбора

Количество створов	Уравнение регрессии	R	σ_R	R/σ_R	K/σ_K
	Жем				
7	$h = -9,92 \lg F + 58,7$	-0,74	0,23	-3,24	-2,44
	Ойыл-Сагыз				
10	$h = -5,27 \lg F + 3,59$	-0,43	0,29	-1,47	-1,41
	Елек				
17	$h = -19,8 \lg F + 109$	-0,54	0,18	-2,98	-2,58
	Бессточные реки восточной части Прикаспийской низменности				
8	$h = -6,39 \lg F + 0,85$	-0,38	0,38	-1,11	-1,11
	Чижа, Деркул, Шаган				
5	$h = -18,7 \lg F + 10,3$	-0,48	0,44	-1,08	-1,09
	Жайык-Каспийский ВХБ (без р. Жайык)				
51	$h = -16,8 \lg F + 85,5$	-0,48	0,11	-4,31	-3,83

Как видно из данных табл. 1 надежная зависимость для расчета весеннего стока получена для бассейна р. Жем ($R = -0,74$). Для приближенной оценки слоя весеннего стока рек бассейна р. Елек может быть использована, полученная зависимость при $R = -0,54$.

Общая зависимость слоя стока рек Жем, Ойыл, Сагыз, Шынгырлау (Утва) и рек, расположенной на восточной части Прикаспийской низменности от площади водосбора оценивается коэффициентом корреляции $R = -0,47$. Аналогическая зависимость, полученная для рек Чижа 1 и 2, Деркул и Шаган ($R = -0,47$). Для всех рек Жайык-Каспийского бассейна теснота, исследуемой зависимости определяется величиной $R = -0,48$ (рис. 1).

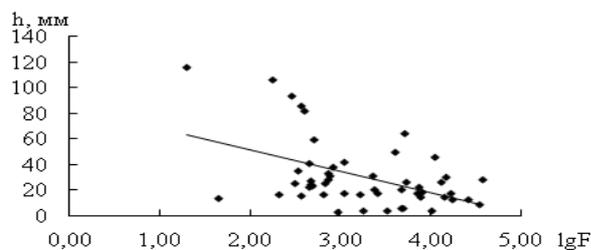


Рис. 1. Зависимость слоя весеннего стока рек Жайык-Каспийского бассейна (без данных по р. Жайык) от площади водосбора $\lg F$.

Слой весеннего стока рекомендуется определить по отдельным бассейнам рек. Во всех случаях получена обратная связь $h = f(F)$, т.е. уменьшение стока с увеличением водосборной площади, также как для модуля годового стока [1].

Исследованы также зависимости коэффициента вариации весеннего стока от площади водосбора по отдельным бассейнам рек. Надежная зависимость коэффициента вариации весеннего стока от площади водосбора получена лишь для бассейна р. Жем – $R = -0,89$ (рис. 2). Для остальных бассейнов качество зависимости получилось неудовлетворительное. Так, для бассейна рек Ойыл-Сагыз коэффициент корреляции равен $R = -0,16$, Жем-Ойыл-Сагыз – $R = -0,37$, Елек – $R = 0,06$, Восточной части Прикаспийской низменности – $R = -0,18$, Чижа 1 и 2 и др. – $R = -0,49$. Для всего бассейна – $R = 0,29$.

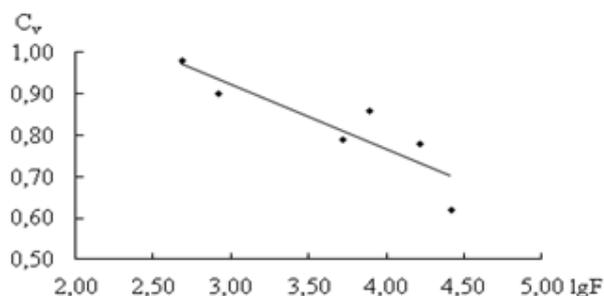


Рис. 2. Зависимость коэффициента вариации весеннего стока р. Жем от площади водосбора $\lg F$.

Удовлетворительные и прямые зависимости коэффициента вариации весеннего стока от слоя стока получены для бассейна рек Жем ($R = 0,62$) и правобережной части р. Жайык (Чижа и др.) – $R = -0,71$. Для остальных бассейнов рек получены обратные приближенные зависимости. Так, для рек бассейнов Ойыл-Сагыз теснота зависимости оценивается коэффициентом корреляции

ляции $R = -0,26$, Восточной части Прикаспийской низменности – $R = -0,40$, Елек – $R = -0,22$. Для всего бассейна – $R = -0,34$ удовлетворительные зависимости не получены (рис. 3).

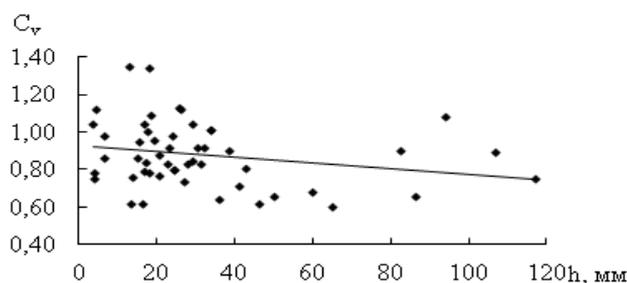


Рис. 3. Зависимости коэффициента вариации слоя весеннего стока от слоя стока Жайык-Каспийского бассейна.

Более надежные зависимости получены при использовании метода множественной корреляции, т.е. при установлении зависимости коэффициента вариации весеннего стока от площадь водосбора и слоя стока (табл. 2). Теснота связи для рек бассейна р. Жем оценивается коэффициентом корреляции равным $R = 0,92$, для Ойыл- Сагыз – $R = 0,61$, Восточной части Прикаспийской низменности – $0,62$, правобережья р. Жайык – $0,74$. Для всех рек Жайык-Каспийского бассейна зависимость получилось слабой ($R = 0,39$).

Таким образом, норму слоя стока весеннего половодья можно определить разными методами, где не маловажную роль играют физико-географические и гидрографические характеристики местности. Для их определения до недавнего времени применялись традиционные трудоемкие ручные измерения на топографических картах. Достижения компьютерных технологий последних лет позволяют получать необходимые характеристики точнее, полнее и быстрее по сравнению с традиционными измерениями.

На рис. 4 и 5 приведены карты распределения среднего слоя и коэффициента вариации весеннего половодья Жайык-Каспийского бассейна построены по данным 55 гидрологических постов с помощью программной платформы ArcGIS 10.2. Для построения карт были опробованы различные методы интерполяции, заложенные в программном ГИС-обеспечении в приложении ArcToolbox, посредством инструментов многомерного анализа Spatial Analyst, но только метод IDW (Inverse Distance Weighting) дал удовлетворительные результаты. Метод обратных взвешенных расстояний применим для интерполяции рассеянных данных.

Таблица 2

Уравнение множественной регрессии для определения коэффициента вариации слоя весеннего стока в зависимости от величины весеннего стока и площади водосбора

Количество створов	Уравнение регрессии	R
	Жем	
7	$C_v = 0,004h - 0,191 \lg F + 1,598$	0,92
	Ойыл-Сагыз	
10	$C_v = -0,017h + 0,102 \lg F + 1,627$	0,61
	Елек	
17	$C_v = -0,001h - 0,012 \lg F + 0,942$	0,23
	Бессточные реки восточной части Прикаспийской низменности	
8	$C_v = -0,012h - 0,110 \lg F + 1,560$	0,62
	Чижа, Деркул, Шаган	
5	$C_v = 0,003h - 0,042 \lg F + 0,676$	0,74
	Жайык-Каспийский ВХБ	
51	$C_v = -0,003h - 0,066 \lg F + 1,196$	0,39

Этот метод однозначно предполагает, что точки (гидропосты), которые находятся поблизости, более подобны друг другу, чем удаленные друг от друга. Для интерполяции неизвестных значений, IDW использует измеренные значения вокруг интерполируемого местоположения. Наиболее близкие к проинтерполированному местоположению измеренные значения оказывают большее влияние на прогнозируемое значение, чем удаленные от него на значительное расстояние. В IDW каждая измеренная точка оказывает локальное влияние, которое уменьшается с увеличением расстояния. Это придает больший вес точкам, расположенным ближе всего к интерполируемому местоположению. Вес точки уменьшается как функция от расстояния. Поэтому метод носит название обратных взвешенных расстояний. В нормативной литературе строгих рекомендации по выбору того или иного метода при построении карты распределения слоя стока нет. Однако в работах [2, 3, 4, 5] предлагается учитывать природу картографируемых характеристик, решаемые задачи, особенности и размеры территорий, обеспеченность данными и их свойств и выбирать метод, позволяющий создавать карты изолиний, отвечающие требованиям по надежности выдаваемых результатов.

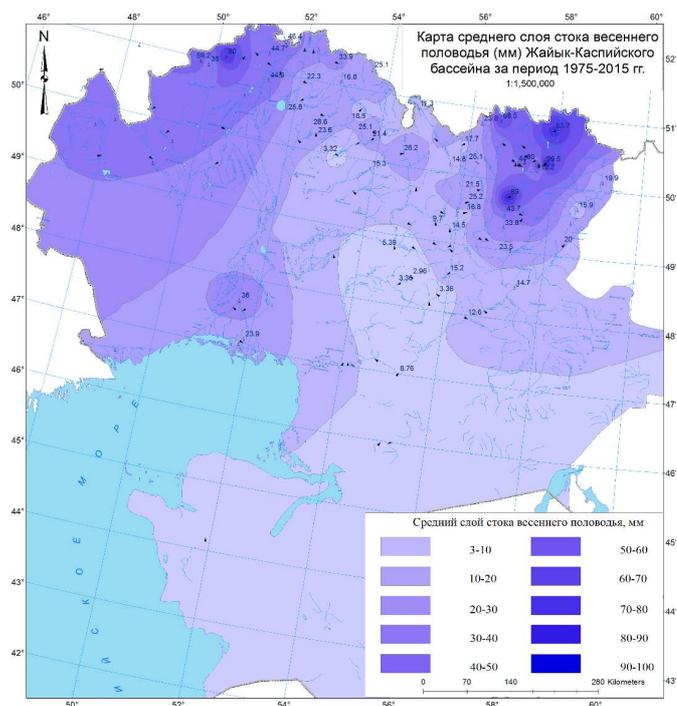


Рис. 4. Карта распределения среднего слоя весеннего половодья Жайык-Каспийского бассейна.

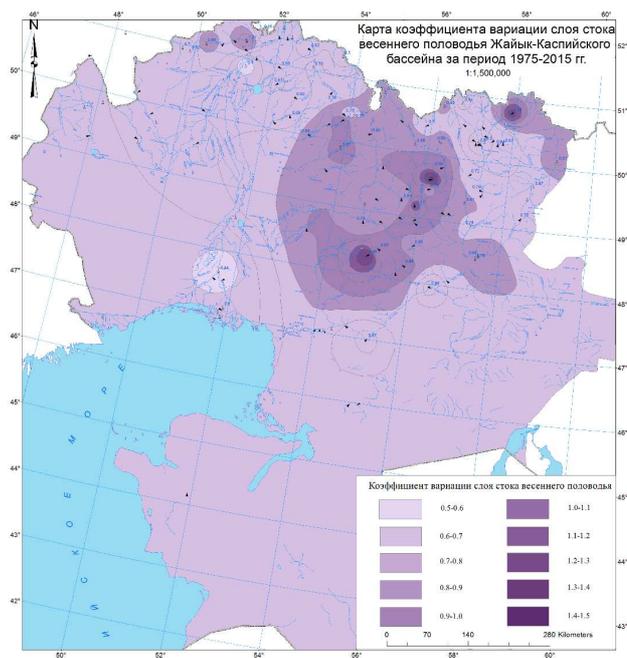


Рис. 5. Карта коэффициента вариации весеннего половодья Жайык-Каспийского бассейна.

Проверка точности полученных карт выполняется на действительно независимых данных, не использовавшихся при построении, либо на условно независимом материале – методом «выбрасывания точек».

Точность результатов метода «выбрасывания точек» определялась с помощью формулы, указанной в [2] и составила в среднем 19...34 % для карты слоя стока и 8...19 % для карты коэффициента вариации весеннего половодья Жайык-Каспийского бассейна.

Значение характеристик весеннего стока, т.е. слоя и коэффициента вариации позволят построить для неизученных районов кривые обеспеченности слоя весеннего стока и определить величину стока различной обеспеченности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давлетгалиев С.К. Оценка нормы годового стока рек Жайык-Каспийского района при отсутствии данных наблюдений // Гидрометеорология и экология. – 2009. – №1 – С. 7-17.
2. Магрицкий Д.В. Речной сток и гидрологические расчеты: практические работы с выполнением при помощи компьютерных программ – М.: Изд-во Триумф, 2014. – 184 с.
3. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометеорологических наблюдений. – СПб.: Изд-во Нестор-История, 2009. – 193 с.
4. Орлова Е.В. Гидрологическое картирование в среде ГИС // Геоэкология и рациональное природопользование: Материалы научной конференции, посвященной 15-летию кафедры картографии и геоэкологии, 28-29 мая 2005 г. – Тверь: ТГУ, 2005. – С. 111-114.
5. Орлова Е.В. Методические основы применения ГИС в гидрологических расчетах // Докл. VI Всероссийского гидрологического съезда. Секция 5. Гидрофизические явления и процессы. Формирование и изменчивость речного стока, гидрологические и водохозяйственные расчеты. – М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. – С. 197-204.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР, Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Т. 12. – Вып. III. Актюбинская область. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – 515 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР, Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Т. 12. – Вып. II. Урало-Эмбенский район. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 512 с.

Поступила 16.07.2018

Геогр. ғылымд. докторы С.К. Давлетғалиев
Геогр. ғылымд. канд. А.К. Мусина

ЖАЙЫҚ-КАСПИЙ АЛАБЫ ӨЗЕНДЕРІНІҢ КӨКТЕМГІ АҒЫНДЫ ҚАБАТЫН БАҚЫЛАУ ҚАТАРЫ ЖОҚ БОЛҒАН ЖАҒДАЙДА БАҒАЛАУ

Түйін сөздер: көктемгі су тасу, ағынды қабатының нормасы, аудандық тәуелділіктер, айқындаушы факторлар, байланыс графиктері, изосызықтар картасы.

Мақалада көктемгі су тасудың ағынды қабаты мен вариация коэффициенттерінің физикалық-географиялық факторларға тәуелділіктері зерттелген. ArcGIS 10.2 бағдарламасының көмегімен көктемгі су тасу ағынды қабаты мен вариация коэффициенттері изосызықтарының карталары тұрғызылған. Есептеулер дәлдігі бағаланған.

S.K. Davletgaliev, A.K. Mussina

ESTIMATION OF A LAYER OF THE SPRING FLOOD OF RIVERS ZHAYIK-CASPIAN BASIN WITHOUT OBSERVING DATA

Keywords: spring flood, the rate of flow depth, regional depending, determinants, communications graphics, contour map

The article investigated depending of flow depth and the variation coefficient of the spring flood on physical and geographical factors. Contour maps of the flow depth and the variation coefficient of the spring flood are constructed using ArcGIS 10.2 software. The accuracy of flow calculations is estimated.