МРНТИ 06.81.23

Секция: Химия/География/Экология

Тип статьи (статья, обзор, мини обзор, письмо в редакцию, др.)

Сравнительный анализ водности протоки Кигач в дельте Волги с водностью реки Жайык

Серик Ахметов[1,*]

[1] НАО «Казахский научно-исследовательский институт Каспийского моря», Актау, Казахстан; serik.akhmetovkz@gmail.com

* Корреспонденция: serik.akhmetovkz@gmail.com

Цитирование: Будет добавлено редакцией в процессе публикации. Серик Ахметов (2025). Сравнительный анализ водности протоки Кигач в дельте Волги с водностью реки Жайык. Bulletin of the L.N. Gumilyov ENU. Chemistry. Geography. Ecology Series, 150(1), 1-5. *https://doi.org/10.3390/xxxxx*

Академический редактор: Имя Фамилия

Поступила: date
Исправлена: date
Принята: date
Опубликована: date

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Аннотация: В условиях ограниченных водных ресурсов Западного Казахстана особую важность приобретает детальное исследование водных ресурсов малоизученных водотоков, в особенности организация на них систем мониторинга их водных ресурсов.

Настоящее исследование посвящено углубленному анализу водного режима протоки Кигач - одного из крупных рукавов в дельте в реки Волги. Протока Кигач является трансграничным водным объектом, протекающим по границе Казахстана и России и частично обозначающая эту границу.

Долгое время изучению водных ресурсов протоки Кигач не уделялось должного внимания. Только в 2017 году на протоке был впервые открыт стационарный гидрологический пост для изменения расходов воды в этой протоке. До того времени в протоке проводились наблюдения только за уровнем воды.
Настоящее исследование направлено на всесторонний анализ водности протоки Кигач, сравнение ее с водностью крупнейшей водной артерии Западного Казахстана - рекой Жайык, а также анализу возможности включения данных по стоку протоки Кигач в общенациональный реестр стратегических водных ресурсов Республики Казахстан.

Ключевые слова: водные ресурсы Казахстана, малые водотоки, гидрологический анализ, водный дефицит, трансграничные водотоки.

1. Введение

Отличительной особенностью водных ресурсов Республики Казахстан является их неравномерное распределение по территории страны. К числу регионов, мало обеспеченных водными ресурсами, относятся западные регионы Казахстана, в частности Атырауская и в особенности Мангистауская области страны. Здесь слабо развита гидрографическая сеть, а объемы доступных поверхностных вод ограничены. Даже Атырауская область в последние десятилетия

испытывает дефицит водных ресурсов, во многом связанный со снижением водности реки Жайык, в результате влияния как антропогенных, так и климатических факторов. Что касается Мангистауской области, то ситуация с водообеспечением ее населения и хозяйственного комплекса гораздо сложнее из-за полного отсутствия в области постоянно действующих поверхностных водотоков. В этих условиях роль водовода Астрахань – Мангышлак, в которую вода поступает из протоки Кигач, приобретает жизненно важное значение в части водообеспечения крупного промышленного региона Казахстана – Мангистауской области. Таким образом несмотря на то, что протока Кигач не является рекой в полном смысле этого слова из-за отсутствия у нее собственной водосборной площади, важно детально исследовать ее гидрологические характеристики для оценки ее водохозяйственного потенциала.

Целью исследования является проведение углублённого анализа гидрологических характеристики протоки Кигач, оценка ее потенциала в части повышения водообеспеченности Атырауской и Мангистауской областей Казахстана с последующей выработкой предложений по учету водных ресурсов протоки Кигач при планировании мероприятий по использования водных ресурсов прикаспийских регионов Казахстана.

Задачи исследований включают анализ изученности водных ресурсов протоки Кигач, оценку ее основных гидрологических характеристик, а также проведение сравнительного анализа водности протоки Кигач с водностью реки Жайык.

2. Материалы и методы

Дельта Волги самая большая речная дельта в Европе. Она насчитывает до 500 рукавов и проток. К числу основных рукавов дельты Волги относятся - Бахтемир, Камызяк, Старая Волга, Болда, Бузан и Ахтуба.

Один из крупных рукавов протоки Бузан является протока Кигач, являющаяся пограничным водотоком по которой проходит линия государственной границы между Российской Федерацией и Республикой Казахстан.

Протока Кигач не имеет собственного водосборного бассейна, является рукавом дельты р. Волги и поэтому её гидрологический и гидрохимический режимы формируются под влиянием речных факторов, отражающих весь комплекс процессов, протекающих в реке Волге и в ее водосборном бассейне.

Протока Кигач берет начало в Астраханской области в 12 км северо-восточнее районного центра с. Красный Яр у пос. Подчалык при слиянии протоки Берекет и протоки Корсака. Кигач является одним из крупных водотоков восточной части дельты р.Волги и ограничивает площадь дельты с востока. На участке от истока до впадения ерика Мохамарский протока Кигач не имеет боковых ответвлений и не получает дополнительных притоков.

На 35,5 км русла протоки Кигач на северной окраине пос. Шортанбай от протоки Кигач ответвляется в восточном направлении ерик Верхняя Шароновка. В 37 км южнее окраины пос. Шортанбай от протоки Кигач ответвляется на восток ерик Нижняя Шароновка, который сливаясь с ериком Верхняя Шароновка в 3 км восточнее пос. Шортанбай, образует протоку Шароновка.

Далее на 59,5 км от истока в 1,5 км юго-восточнее с. Жанаул протока Кигач сливается с правым притоком протоки Тюрина - протокой Сумница Широкая, сопоставимым по водности

с протокой Кигач. В этом месте протока Кигач меняет свое географическое название и далее называется протокой Широкая, которая имеет длину всего 3,3 км.

На 2,1 км от начала протоки Широкая (61,6 км от истока протоки Кигач) от протоки Широкая ответвляется влево протока Тимофеевская, на левом берегу которой располагаются села Сафоновка, Утеры и Богатое.

На 3,3 км от начала протоки Широкая (62,8 км от истока протоки Кигач) протока Широкая раздваивается на левый поток - протоку Двойники и правый поток - протоку Смирновская, которые вновь сливаются в общий водоток через 4.5 км и образуют крупную протоку Банк Иголкинский длиной 25,2 км, переходящую в раскатной части авандельты в искусственно углубленный Иголкинский канал-рыбоход длиной более 40,0 км [1].

Веерообразно разветвляясь на несколько крупных и мелких водотоков протоки Тимофеевская, Смирновская и Двойники формируют сеть каналов - Иголкинский, Мокринский и Утеринский. В свою очередь канал Утеринский разветвляется на Канычинский и Бакланный каналы.

В целом общая длина русловой части протоки Кигач раскатной части авандельты реки Волги составляет 92,5 км.

Водный режим протоки Кигач, главным образом, определяется водным режимом реки Волги (в частности, режимом работы Астраханского вододелителя) [1]. Однако при этом следует принимать во внимание также влияние на него изменения фонового уровня Каспийского моря.

3. Результаты

Для оценки гидрологических характеристик протоки Кигач использовались данные систематических наблюдений за расходами воды на посту с. Шортанбай, начиная с 2017 по 2023 годы [2].

Изменения среднегодовых, максимальных и минимальных расходов воды протоки Кигач у с. Шортанбай за период с 2017 по 2023 годы показаны на рисунке 1.

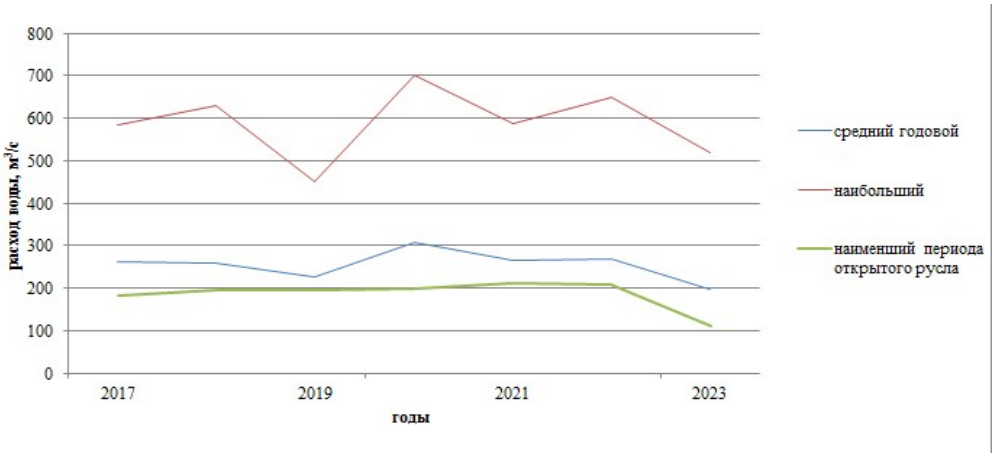

Рисунок 1. Среднегодовые, максимальные и минимальные расходы воды в протоке Кигач у с. Шортанбай за период с 2017 по 2023 годы

Среднегодовые расходы воды. Данные о среднемноголетних расходах воды в протоке Кигач у с. Шортанбай приведены в таблице 1.

Среднемноголетний расход протоки Кигач за анализируемый период составил 256 м³/с. При этом расходы воды выше среднемноголетнего значения наблюдались в 2017, 2018, 2020, 2021 и 2022 годах. Максимальное превышение среднегодового расхода воды над среднемноголетним наблюдалось в 2020 году. Среднегодовые расходы воды ниже среднемноголетних значений отмечены в 2019 и 2023 годах. Наименьший среднегодовой расход в протоке Кигач наблюдался в 2023 году и составил 197 м³/с, а наибольший в 2020 году – 309 м³/с. Разница между наибольшим и наименьшим расходами за период с 2017 по 2023

годы составляет 112 м³/с, что превышает 40% от среднемноголетнего расхода воды этой протоки и является достаточно существенной.

Таблица 1. *Среднегодовые расходы воды в протоке Кигач – с. Шортанбай*

год	среднегодовой расход, м³/с	отклонение от среднего, %
2017	263	2,90
2018	259	1,33
2019	226	-11,6
2020	309	20,9
2021	266	4,07
2022	269	5,24
2023	197	-22,9
среднее	256	

Максимальные расходы воды. Данные о максимальных расходах воды в протоке Кигач у с. Шортанбай за период с 2017 по 2023 годы приведены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что наибольший максимальный расход воды в протоке Кигач наблюдался 17 июня 2020 года и составил 701 м³/с, а наименьший максимальный расход воды отмечался 16 мая 2019 года и составил 451 м³/с.

Большая часть пиковых значений расходов воды приходится на месяц май, исключение составляет лишь 2021 год, когда максимальный расход воды в протоке наблюдался в июне.

Таблица 2. *Максимальные расходы воды в протоке Кигач – с. Шортанбай*

год	максимальный расход, м³/с	дата
2017	585	28.май
2018	628	15.май
2019	451	16.май
2020	701	17.июнь
2021	586	16.май
2022	649	14.май
2023	518	05.май

Минимальные расходы воды. Данные о минимальных расходах воды в протоке Кигач у с. Шортанбай за период с 2017 по 2023 годы приведены в таблице 3.

Из таблицы 3 видно, что наибольшее значение минимального расхода воды в протоке Кигач наблюдалось 2 ноября 2021 года и составляло 210 м³/с, а наименьшее значение минимального расхода воды в протоке Кигач отмечалось 10 декабря 2023 года и составляло 111 м³/с.

Минимальные расходы воды в протоке могут Кигач наблюдаться во все сезоны года (осенью, зимой и летом), за исключением весны.

Таблица 3. *Минимальные расходы воды в протоке Кигач – с. Шортанбай*

год	минимальный расход, $м^3/с$ (периода открытого русла)	дата
2017	182	07.нояб
2018	196	20.окт
2019	194	13.июнь
2020	199	02.авг
2021	210	02.нояб
2022	209	20.февр
2023	111	10.дек

Важно отметит, что еще с советских времен (1980 года) в прикаспийском регионе Казахстана действует магистральный водовод «Астрахань – Мангышлак» (рисунок 2). Вода поступает в этот водовод из протоки Кигач, что подчеркивает важную роль протоки в водоснабжении не только Атырауской, но и в особенности Мангистауской области Казахстана, в пределах которой, как отмечалось выше, нет постоянно действующих поверхностных водотоков.

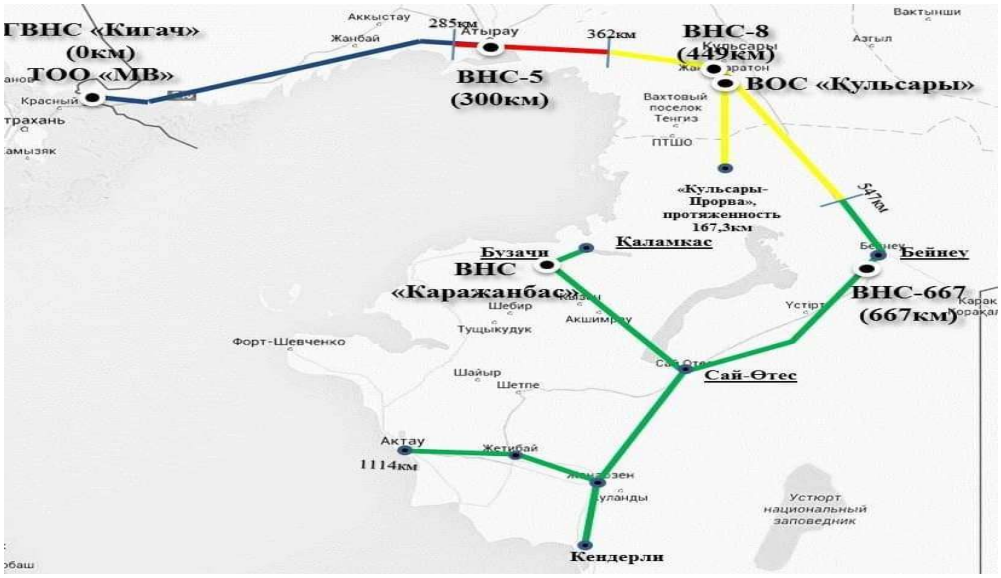

Рисунок 2. *Схема водовода "Астрахань – Мангышлак"*

Несмотря на крайне важное значение протоки Кигач для водоснабжения населения и хозяйственного комплекса прикаспийских регионов Казахстана, его изученность с гидрологической точки зрения остается недостаточной. Стационарный пункт наблюдений за стоком воды в протоке Кигач был организован РГП «Казгидромет» только в 2017 году. Поэтому, данные наблюдений за расходами воды по этому пункту наблюдений, имеющиеся в настоящее время за период с 2017 по 2023 годы, не обеспечивают достаточной временной репрезентативности для проведения полноценных гидрологических расчетов.

Поэтому с целью продления временного ряда наблюдений за расходами воды в протоке Кигач, были проведены расчеты по установлению статистической зависимости между уровнями воды в пунктах протока Кигач – с.Шортанбай и протока Кигач – с. Котяевка, где наблюдения за уровнями воды (не за расходами воды) проводятся с 1992 года по настоящее время. Расчеты показали, что коэффициент парной корреляции между уровнями воды на обоих вышеперечисленных постах наблюдений за период с 2017 по 2023 годы составляет 0.99,

то есть связь между уровнями воды на постах является почти функциональной. Линейное уравнение регрессии показано ниже

$$Н_ш = 0,86Н_к + 136 \quad (1),$$

где,
$Н_ш$ – уровень воды в протоке Кигач – с. Шортанбай
$Н_к$ - уровень воды в протоке Кигач – с. Котяевка

Высокая степень корреляционной зависимости между обоими пунктами наблюдений за уровнями воды в протоке Кигач позволила с высокой степенью достоверности восстановить значения уровня воды в пункте наблюдений протока Кигач – с. Шортанбай на основании данных наблюдений за уровнями воды в пункте наблюдений протока Кигач – с.Котяевка за период с 1992 по 2016 годы. В свою очередь это дало возможность восстановить и тем самым продлить ряд данных наблюдений за расходами воды в пункте наблюдений протока Кигач – с. Шортанбай за период с 1992 года по 2016 годы на основании связи между расходами воды и уровнями воды в протоке Кигач – с. Шортанбай за период с 2017 по 2023 годы (рисунок 3).

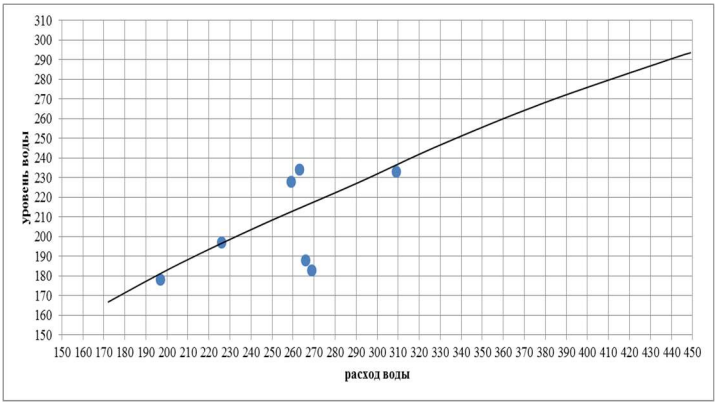

Рисунок 3. *Зависимости между уровнями и расходами воды (Q=f(H)) в протоке Кигач – с. Шортанбай*

После восстановления были рассчитаны статистические характеристики расходов воды в пункте наблюдений протока Кигач – с. Шортанбай за многолетний период [многолетний среднегодовой расход воды ($Q_{ср.}$), среднеквадратическое отклонение ($\boldsymbol{\sigma_{Q_{ср}}}$), коэффициент вариации (C_v) и коэффициент асимметрии (C_s)] за период наблюдений с 1992 по 2023 годы (таблица 4).

Таблица 4. Статистические характеристики расходов воды в пункте наблюдений протока Кигач – с. Шортанбай, рассчитанные за период с 1992 по 2023 годы

период наблюдении	N	Qср, $м^3/с$	$\sigma_{Qср}$, %	Cv	σ_{Cv}, %	Cs
1992-2023	32	272	3,01	0,17	12,68	0,77

Из таблицы 4 видно, что среднегодовой расход воды в протоке Кигач у с. Шортанбай за многолетний период составляет 272 $м^3/с$, среднеквадратическое отклонение – 3.01 %, коэффициент вариации - 0,17, а коэффициент асимметрии – 0.77. Ошибки рассчитанных статистических характеристик расхода воды в протоке Кигач у с. Шортанбай, как показано в

таблице 4, незначительны по величине, что дает основание полагать, что полученные результаты являются статистически надёжными.

Сравнительный анализ гидрологических характеристик протоки Кигач и реки Жайык.

С гидрологической точки зрения река Жайык является достаточно хорошо изученным водотоком. Систематические наблюдения за режимом реки здесь начаты еще в XIX веке.

Для проведения сравнительного анализа гидрологических характеристик протоки Кигач и реки Жайык был выбран гидрологический пост р. Жайык - пос.Махамбет, поскольку этот пункт наблюдений находится в верхней части устьевой области реки и на него не распространяется влияние колебаний уровня Каспийского моря.

Систематические гидрологические наблюдения за водным режимом реки Жайык у пос.Махамбет начаты в 1932 году. Однако, в анализ были включены данные, начиная с 1936 года по 2023 годы, так как данные за период с 1932 по 1935 годы представляются недостаточно надежными по ряду причин.

Что касается протоки Кигач, то анализ гидрологической изученности этой протоки описан достаточно подробно выше. Здесь лишь отметим, что для сравнительного анализа гидрологических характеристик протоки Кигач и реки Жайык , использовались не только данные измерений за расходами воды в протоке Кигач у с. Шортанбай за период с 2017 по 2023 годы, но и восстановленные значения расходов воды по пункту наблюдений на этой протоке с 1992 по 2016 годы. Таким образом, по реке Жайык в расчеты принимались данные с 1936 по 2023 голы, а по протоке Кигач с 1992 по 2023 годы.

Совмещенный хронологический график изменений среднегодовых расходов воды в реке Жайык и протоке Кигач за 1936 -2023 годы приведен на рисунке 4, аналогичный график за период с 1992 по 2023 годы показан на рисунке 5.

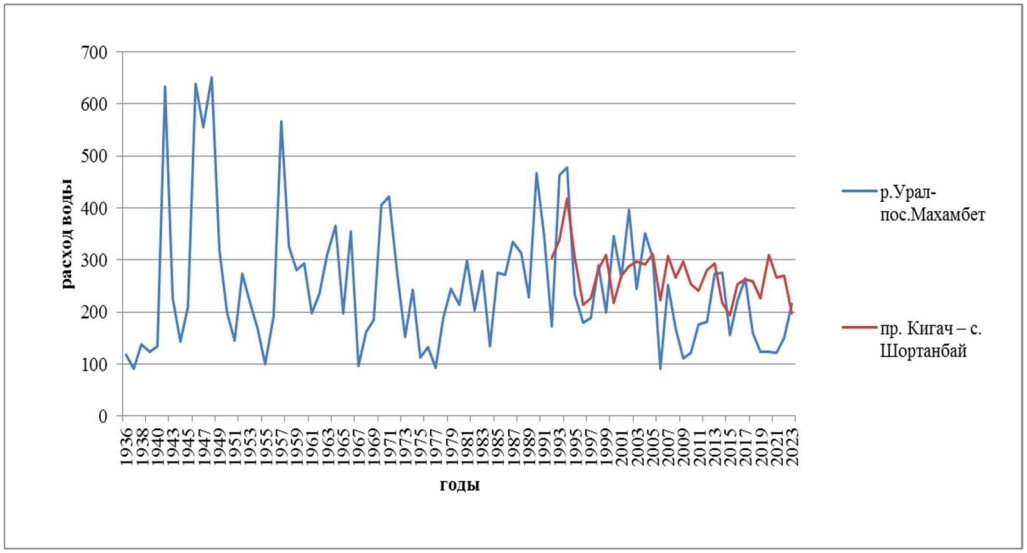

Рисунок 4. Совмещенный хронологический график изменений среднегодовых расходов воды в реке Жайык – пос. Махамбет (1936 -2023 годы) и протоке Кигач – с.Шортанбай за 1992 - 2023 годы

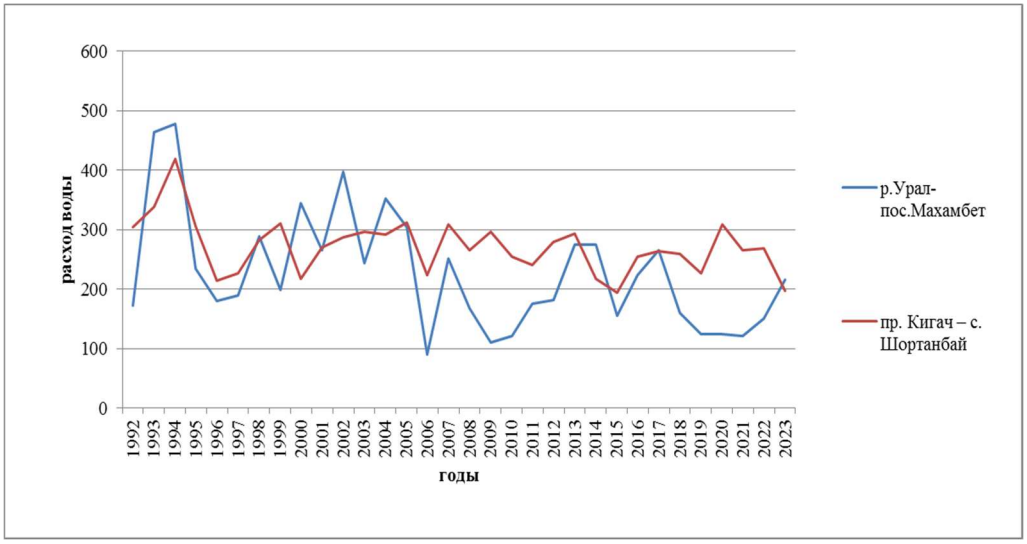

Рисунок 5. Совмещенный хронологический график изменений среднегодовых расходов воды в реке Жайык – пос. Махамбет и протоке Кигач – с.Шортанбай за 1992 -2023 годы

Согласно проведенным расчетам, многолетний среднегодовой расход воды в реке Жайык в период с 1936 по 1960 годы составил 281 м³/с. При этом максимальный среднегодовой расход воды в этот период составил 650 м³/с. В последующий период (1961–1977 гг.) наблюдалось снижение многолетнего среднегодового расхода до 231 м³/с. Затем с период с 1978 по 2010 годы не отмечалось устойчивого тренда в колебаниях среднегодовых расходов воды, в то время как с 2011 по 2023 годы отмечается снижение водности реки при колебаниях расходов воды в пределах от 120 до 275 м³/с. В целом, за весь период наблюдений в реке Жайык отмечается слабовыраженный нисходящий тренд изменения среднегодового расхода воды, то есть расход воды в реке имеет общую тенденцию к снижению, вероятно, в том числе за счет влияния изменения климата.

В протоке Кигач за период с 1992 по 2023 годы прослеживалась относительная небольшая межгодовая изменчивость среднегодового расхода воды, изменявшаяся в пределах от 194 м³/с (наиболее маловодные годы) до 338 м³/с (наиболее многоводные годы). Исключение имело место в 1994 году, когда среднегодовой расход воды в протоке составил 418 м³/с (1994 г). Однако, в целом, в колебаниях среднегодовых расходов воды в протоке Кигач за рассматриваемый период не отмечалось устойчивой восходящей или нисходящей тенденции изменения стока воды.

Анализ зависимости расхода воды в протоке Кигач от расхода воды реки Волги

Принимая во внимание то, что протока Кигач является лишь одним из водотоков в дельте реки Волги, для более детального анализа изменения расхода воды в ней была рассмотрена возможность включения в анализ гидрологического режима протоки Кигач данных по расходам воды в реке Волге у с. Верхнелебяжье, где измерения проводились начиная с 1938 года и продолжаются по настоящее время.

Расчеты статистической зависимости расходов воды в протоке Кигач у с.Шортанбай с расходами в реке Волге у с. Верхнелебяжье за период с 1992 по 2023 годы показали, что коэффициент парной линейной корреляции между их среднегодовыми расходами равен 0.81, что свидетельствует о достаточно высокой зависимости водности в протоке Кигач от водности реки Волги и возможности использования этой связи для восстановления значений среднегодовых расходов воды в протоке Кигач на основе данных о среднегодовых расходах воды в реке Волге за период с 1938 по 1991 годы. Уравнение регрессии, связывающее среднегодовые расходы в протоке Кигач в зависимости от среднегодовых расходов воды в реке Волге показано ниже

$$Н_{ш} = 0,03Н_{в} + 22,9 \quad (2)$$

где,
$Н_{ш}$ – уровень воды в протоке Кигач – с. Шортанбай
$Н_{в}$ - уровень воды в Волге у с. Верхнелебяжье

На основании расчетов, проведенных по уравнению (2), был построен совместный хронологический график изменений среднегодовых расходов воды в реке Жайык и в протоке Кигач за период с 1938 по 2023 годы, показанный на рисунке 6.

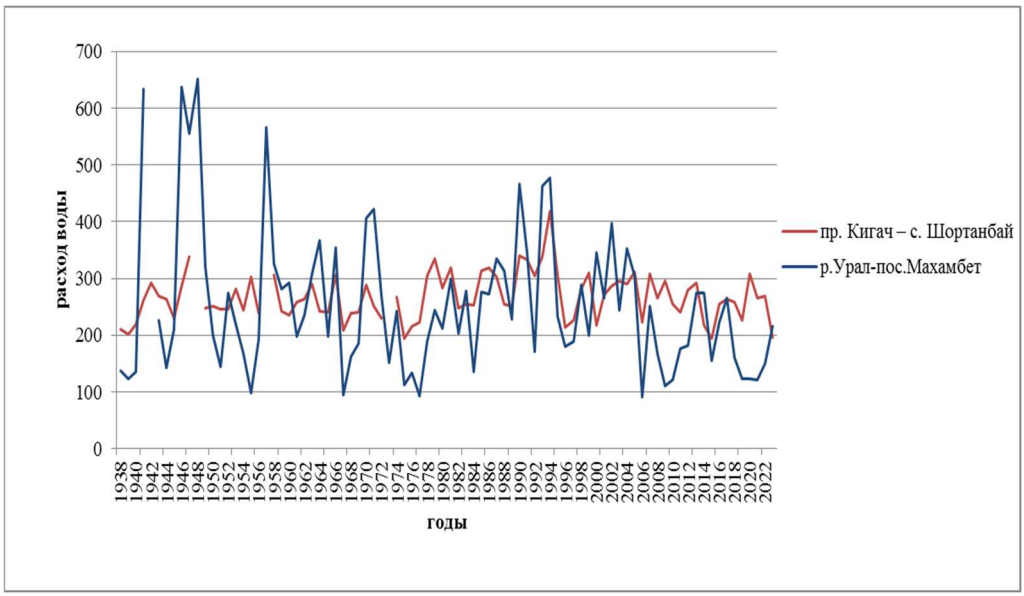

Рисунок 6. Совмещенный хронологический график изменений среднегодовых расходов воды в реке Жайык – пос. Махамбет и протоке Кигач – с.Шортанбай за 1938 -2023 годы

Восстановление среднегодовых расходах воды в протоке Кигач за 1948, 1957 и 1973 годы не проводилось, так как за эти годы отсутствуют данные наблюдений по реке-аналогу (р.Волга - с.Верхнелебяжье).

После проведенных расчетов статистические характеристики среднегодовых расходов воды в протоке Кигач у с.Шортанбай были пересчитаны с учетом добавления в расчётный ряд данных за период с 1938 по 1991 годы. Результаты расчетов показаны в таблице 5.

Таблица 5. Статистические характеристики расходов воды в пункте наблюдений протока Кигач – с. Шортанбай, рассчитанные за период с 1938 по 2023 годы

период наблюдении	N	Qср, $м^3/с$	$\sigma_{Qср}$, %	Cv	σ_{Cv}, %	Cs
1938-2023	83	267	1,67	0,15	7,85	0,61

Согласно проведенным расчетам за многолетний период (1938 -2023 годы) среднегодовой расход воды ($Q_{ср.}$) в протоке Кигач составил 267 $м^3/с$, что немного ниже чем значения полученные ранее (272 $м^3/с$) и показанные в таблице 4 при принятии в расчеты данных наблюдений только за 1992-2023 годы. Однако, эти различия находятся в пределах среднеквадратических ошибок расчетов, что позволяет проводить дальнейший сравнительный анализ гидрологических характеристик реки Жайык и протоки Кигач за период наблюдений с 1938 по 2023 годы.

Проведенный сравнительный анализ изменений среднегодовых расходов воды в протоке Кигач и в реке Жайык показал, что изменчивость расхода воды в протоке Кигач меньше, чем изменчивость расхода воды в реке Жайык, что выражено в менее значительных межгодовых колебаниях значений расходов воды. Возможно, это связано с тем, что расход воды в нижнем течении реки Волги более зарегулирован, а также в связи с различными условиями формирования стока воды в бассейнах рек Волги и Жайык. Следует также отметить, что хотя многолетние среднегодовые значения расходов воды в протоке Кигач (267 м³/с) и в реке Жайык - 253 м³/с достаточно близки по значениям, диапазон колебаний среднегодовых расходов воды в обоих водотоках существенно отличается. Так, если принимать во внимание данные за период, когда непосредственно проводились наблюдения за расходами воды на обоих водотоках (2017 – 2023 годы), то видно, как значительно отличаются значения их среднегодовых максимальных и минимальных расходов воды. Так, в протоке Кигач минимальные среднегодовые расходы воды составили 193 м³/с, в то время как в реке Жайык это величина была равна 90 м³/с. Также существенно отличаются значения максимальных среднегодовых расходов воды, которые составили для протоки Кигач - 418 м³/с, а для реки Жайык - 651 м³/с. Таким образом, при практически одинаковых значениях многолетних среднегодовых расходов воды амплитуда колебаний расходов воды существенно различается.

Для оценки стока воды в протоке Кигач в различные по водности годы, были рассчитаны среднегодовые расходы воды различной обеспеченности. Для этого вначале были рассчитаны эмпирические значения обеспеченности расхода воды в протоке Кигач по известным в гидрологии формулам, а затем была построена теоретическая кривая обеспеченности среднегодовых расходов воды, показанная на рисунке 6.

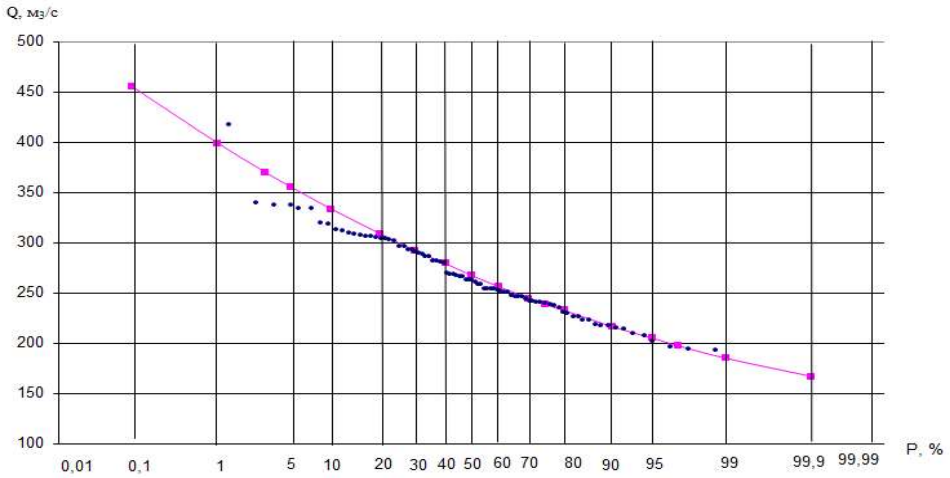

Рисунок 6. Кривая обеспеченности среднегодовых расходов воды в протоке Кигач у с. Шортанбай

Значения характерных среднегодовых расходов воды различной обеспеченности в протоке Кигач у с. Шортанбай приведены таблице 6.

Таблица 6. Среднегодовые расходы воды различной обеспеченности в протоке Кигач у с. Шортанбай

$Q_{1\%}$	$Q_{5\%}$	$Q_{10\%}$	$Q_{25\%}$	$Q_{50\%}$	$Q_{75\%}$	$Q_{95\%}$	$Q_{99\%}$
418	338	319	296	263	240	202	193

Из таблицы 6 видно, что в многоводные годы (25 % обеспеченности) среднегодовой расход воды в протоке Кигач у с. Шортанбай составляет 296 м³/с, в средние по водности годы (50 % обеспеченности) - 263 м³/с и в маловодные годы (75 % обеспеченности) - 240 м³/с.

4. Обсуждение

В работе впервые на основе данных наблюдений на стационарном гидрологическим посту (г/п) РГП «Казгидромет» за период с 2017 по 2023 годы проведены исследования по водному режиму протоки Кигач, расположенной в дельте реки Волги.

Несмотря на то, что длина ряда наблюдений за расходами воды в протоке Кигач составляет всего 7 лет, на основе общепринятого в гидрологии метода реки – аналога были восстановлены данные о расходах воды в протоке Кигач, начиная с 1938 года. С этой целью вначале были установлены связи между уровнями воды г/п пр.Кигач – с. Шортанбай и г/п пр. Кигач – с. Котяевка, где наблюдения уровнем воды проводятся с 1992 года, то есть они начаты на 25 лет раньше, чем в наблюдения за уровнем воды на посту г/п пр.Кигач – с. Шортанбай. Связь между уровнями воды в этих пунктах наблюдений оказалась очень тесной (коэффициент парной корреляции – 0,99). Это позволили продлить ряд наблюдений за расходами воды на г/п пр.Кигач – с. Шортанбай до 1992 года. Далее была установлена связь между расходами воды в протоке Кигач и в реке Волге. С этой целью была найдена связь между расходами воды в протоке Кигач у с.Шортанбай и в реке Волге у с.Верхнелебяжье. Связь между расходами воды в обоих пунктах наблюдений оказалось также достаточно хорошей (коэффициент корреляции 0,81) для восстановления данных за расходами воды в протоке Кигач до 1938 года. Восстановленные таким образом данные наблюдений, позволили впервые оценить водность протоки Кигач за многолетний период с 1938 по 2023 годы.

Выполненные в ходе исследований расчеты показали, что в многоводные годы (25 % обеспеченности) среднегодовой расход воды в протоке Кигач у с. Шортанбай составляет 296 м³/с, в средние по водности годы (50 % обеспеченности) - 263 м³/с и в маловодные годы (75 % обеспеченности) - 240 м³/с.

Восстановление данных о расходах воды в протоке Кигач позволило провести также сопоставление расхода воды в протоке с расходами воды реки Жайык , являющейся самым крупным водным объектом Западного Казахстана. Сравнительный анализ проведенный за период с 1938 по 2023 годы и показал, что при близких значениях многолетних среднегодовых расходов воды в протоке Кигач - 267 м³/с и в реке Жайык - 253 м³/с, диапазон их колебаний расходов в многолетнем разрезе существенно отличается. К примеру, в протоке Кигач минимальный среднегодовой расход воды равен 193 м³/с, а в реке Жайык - 90 м³/с, максимальный среднегодовой расход воды в протоке Кигач - 418 м³/с, а в реке Жайык - 651 м³/с. То есть, при практически одинаковых значениях многолетних среднегодовых расходов воды амплитуда колебаний расходов воды в обоих водотоках существенно различается в многолетнем разрезе.

В дальнейшем для более точной оценки водности протоки Кигач необходимо провести исследования по оценке не только его среднегодовых, но и внутригодовых расходов воды. Очень важным направлений дальнейших исследований является оценка возможности улучшения системы мониторинга водных ресурсов данного водотока путем установки на нем автоматизированных средств измерений. Крайне актуальным является также вопрос изучения влияния значительного снижения фонового уровня Каспийского моря, наблюдающееся в последние 30 лет, на гидрологический режим протоки Кигач.

5. Заключение

В данном исследовании приведены результаты детальных исследований расхода воды в протоке Кигач. Ранее такие исследования не проводились, несмотря на их значимость для прикаспийских регионов Казахстана.

В ходе исследования были найдены достаточно тесные корреляционные связи между уровнями воды г/п пр.Кигач – с. Шортанбай, а также между расходами воды в протоке Кигач у с.Шортанбай и расходами воды реи Волги у с. Вехрнелебяжье. Это позволили восстановить значения среднегодовых расходов воды в протоке Кигач и рассчитать многолетние характеристики расхода воды в протоке за различные по обеспеченности годы за период с 1938 по 2023 годы. В частности, расчеты показали, что среднегодовые расходы воды в протоке Кигач в многоводные годы (25 % обеспеченности) равны 296 м³/с, в средние по водности годы (50 % обеспеченности) - 263 м³/с и в маловодные годы (75 % обеспеченности) - 240 м³/с.

В ходе исследования был проведен сравнительный анализ расхода воды в протоке Кигач и в самой крупной водной артерии Западного Казахстана реке Жайык , который показал, что водность этих водных объектов является сопоставимой (многолетний среднегодовой расход протоки Кигач у с. Шортанбай составляет 267 м³/с, а реки Жайык у пос. Махамбет - 253 м³/с).

Анализ данных о расходе воды протоки Кигач, проведенный в этом исследовании, является крайне важным для оценки водных ресурсов не только данного водотока, но в целом для оценки и даже переоценки водных ресурсов Казахстана в целом, так как по объему стока воды протока Кигач, как было показано выше, сопоставима со стоком воды реки Жайык . Для Казахстана значимость водных ресурсов данного водного объекта уже в настоящее время имеет очень важное значение в части водообеспечения населения и хозяйственного комплекса прикаспийских областей страны, где проблемы дефицита водных ресурсов крайне актуальны. Однако, в перспективе в связи с обострением проблемы дефицита водных ресурсов в условиях изменения климата, росте численности населения региона и увеличения качества жизни людей, роль водных ресурсов протоки Кигач для Казахстана может значительно возрасти.

Поэтому, в условиях обострения проблемы дефицита водных ресурсов в Казахстане, в том числе в его западных регионах, вопросы организации системы мониторинга на малоизученных водных объектах для уточнения потенциала водных ресурсов страны становятся все более актуальными.

Данные наблюдений о водных ресурсах малоизученных водотоков, наряду с данными о водности водных объектов, на которых мониторинг за стоком воды проводится в течении многих лет, крайне важны для разработки дальнейших планов водообеспечения населения и хозяйственного комплекса страны. В этой связи при разработке планов развития прикаспийских регионов Казахстана следует особое внимание уделить протоке Кигач, водные ресурсы которой представляются достаточно значительными.

6. Вспомогательный материал: нет вспомогательного материала.

7. Вклады авторов

Для исследовательских статей с несколькими авторами необходимо предоставить короткий параграф, указывающий их вклад. Должны быть использованы следующие утверждения: «Концептуализация, X.X. и Y.Y.; методология, X.X.; программное обеспечение, X.X.; валидация, X.X., Y.Y. и Z.Z.; формальный анализ, X.X.; исследование, X.X.; ресурсы, X.X.; курирование данных, X.X.; написание — подготовка оригинального черновика, X.X.; написание — рецензирование и редактирование, X.X.; визуализация, X.X.; руководство, X.X.; администрирование проекта, X.X; получение финансирования, Y.Y. Все авторы прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи». Авторство должно быть ограничено теми, кто внес существенный вклад в представленную работу.

8. Информация об авторе

Данная информация должна быть предоставлена для всех авторов в следующем виде: Ахметов Серик Кабуалиевич – Председатель правления НАО «Казахский научно-исследовательский институт Каспийского моря», Актау, Казахстан; serik.akhmetovkz@gmail.com

9. Финансирование: Публикация статьи финансируется НАО «Казахский научно-исследовательский институт Каспийского моря»

10. Благодарности: Автор выражает благодарность Елбасиевой Б.Б. за техническую помощь.

11. Конфликты интересов: Авторы должны заявить о любых конфликтах интересов или заявить: «Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов». Это включает личные обстоятельства или интересы, которые могут ненадлежащим образом повлиять на результаты исследования. Это должно быть раскрыто, если спонсоры были вовлечены в разработку исследования, сбор данных, анализ, написание рукописи или решения о публикации. Если они не были вовлечены, заявите: «Финансисты не играли никакой роли в разработке исследования, сборе данных, анализе, написании рукописи или решениях о публикации».

12. Список литературы

1. Отчет. Предварительные результаты исследований протоки Кигач (дельта р.Волги). 2017 Астана
2. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши (ЕДС). Казгидромет. https://www.kazhydromet.kz/ru/gidrologiya/gosudarstvennyy-vodnyy-kadastr-poverhnostnye-vody
3. Зилитинкевич Н. С. Обзор исследований затопленных территорий и водного баланса дельты Волги в периоды половодья // Гидрология и гидрохимия. – 2024. – Т. 45. – № 2. – С. 115–130.
4. Зилитинкевич Н. С. Методика расчёта суточной площади затопления дельты Волги по данным дистанционного зондирования // Водные ресурсы. – 2024. – Т. 51. – № 3. – С. 210–224.
5. Шинкаренко С. А., Барталев С. А., Берденгалиева А., Выприцкий А. А. Динамика площадей водных объектов западной части дельты Волги в 1977–2020 гг. // Геоинформатика. – 2021. – № 4. – С. 56–68.
6. Сафаров Э., Сафаров С., Байрамов Э. Изменения гидрологического режима р. Волги и их влияние на уровень Каспийского моря // Water. – 2024. – Vol. 16. – No. 12. – P. 1744.
7. Ивкина Н. И., Мусагулова Ж. Н., Бейсембина А. Оценка современного годового стока реки Жайык (Урал) // Гидрометеорология и экология. – 2020. – № 3. – С. 22–29.
8. Кисебаев Д. К., Абенов К. А., Адильбекова А. Изменение стока реки Жайык в условиях антропогенного воздействия и климатических изменений // Вестник КазНУ. Серия географическая. – 2020. – № 2(57). – С. 44–55.
9. Загидуллина А. Тенденции многолетних изменений стока рек Жайык–Каспийского бассейна // География и природные ресурсы Казахстана. – 2024. – № 1. – С. 31–41.
10. Турсунова А. А. Историческая характеристика гидрологических особенностей наводнений на р. Жайык // Гидрология Казахстана. – 2024. – № 2. – С. 12–20.
11. Мусакулкызы А., Жумагалиева Г., Абишева Б. Прогноз изменения годового стока р. Жайык до 2050 года // Гидрометеорология и экология. – 2024. – № 4. – С. 55–66.
12. Тулемисова Г. Б., Абдинов Р. Ш., Кабдрахимова Г. Ж., Жанетов Т. Б. Экологическое состояние реки Урал по данным гидрохимического анализа // Вестник национальной академии наук РК. – 2017. – № 3. – С. 102–110.

13. Gorelits S., Zemlyanov B. Studying seasonal processes in the Volga River mouth area with the Akhtuba–Volga system // Journal of Hydrologic Modeling. – 2019. – Vol. 12. – No. 2. – P. 98–112.
14. Agafonnikova E. O., Klikunova A. Yu., Khoperskov A. V. A computer simulation of the Volga River hydrological regime: the problem of optimal dam location // Journal of Hydroinformatics. – 2017. – Vol. 19. – No. 3. – P. 368–380.

Волга дельтасындағы Кигач арнасының су ағынын Жайық өзенінің су ағынымен салыстырмалы талдауы

Серик Ахметов

Аңдатпа: Батыс Қазақстанның шектеулі су ресурстары жағдайында аз зерттелген су арналарының су ресурстарын жан-жақты зерттеу, әсіресе олардың су ресурстарының мониторинг жүйелерін ұйымдастыру ерекше маңызды болып отыр. Аталған зерттеу Волга өзенінің дельтасында орналасқан ірі бұтағы Кигач арналарының су режимін терең талдауға арналған. Кигач арнасы Қазақстан мен Ресей шекарасы бойымен ағып өтетін трансшекаралық су объектісі болып табылады және ішінара бұл шекараны белгілейді. Ұзақ уақыт бойы Киғаш арнасының су ресурстарын зерттеуге жеткілікті көңіл бөлінбеді. Тек 2017 жылы арнада алғаш рет тұрақты гидрологиялық пункт ашылып, осы арнадағы су өтімінің өзгерістерін бақылауға алынды. Сол уақытқа дейін арнадағы бақылаулар тек су деңгейіне бақылау жүргізілді.

Аталған зерттеу Киғаш арнасының су өтімін жан-жақты талдауға, оны Батыс Қазақстанның ең ірі су артериясы – Жайық өзенінің су өтімімен салыстыруға, сондай-ақ Киғаш арнасы бойынша су ағыны деректерін Қазақстан Республикасының стратегиялық су ресурстарының жалпыұлттық реестріне енгізу мүмкіндігін талдауға бағытталған.

Түйін сөздер: Қазақстанның су ресурстары, кіші өзендер, гидрологиялық талдау, су тапшылығы, трансшекаралық өзендер.

Comparative analysis of the water flow of the Kigach channel in the Volga delta with the water flow of the Zhaiyk River

Serik Akhmetov

Abstract: In the context of the limited water resources of Western Kazakhstan, a detailed study of the water resources of little-studied watercourses becomes particularly important, especially the organization of monitoring systems for their water resources. This study is devoted to an in-depth analysis of the water regime of the Kigach distributary – one of the large branches in the delta of the Volga River. The Kigach distributary is a transboundary water body, flowing along the border of Kazakhstan and Russia and partially marking this border.

For a long time, the study of the water resources of the Kigach Channel did not receive proper attention. It was only in 2017 that a permanent hydrological station was first established on the channel to monitor changes in water flow. Until that time, observations on the channel were carried out only for water levels.

The present study is aimed at a comprehensive analysis of the water flow of the Kigach Channel, comparing it with the water flow of the largest water artery of Western Kazakhstan—the Ural River—as well as analyzing the possibility of including data on the flow of the Kigach Channel in the national register of strategic water resources of the Republic of Kazakhstan.

Keywords: water resources of Kazakhstan, small rivers, hydrological analysis, water deficit, transboundary rivers.