



Научная статья

ВНУТРИГОДОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТОКА ТИПИЧНЫХ РЕК КАЗАХСТАНА (НА ПРИМЕРЕ РЕК БУКТЫРМА, ЕСИЛЬ, ЖАЙЫК)

Алия А. Нурбаcina^{1*} , Айсулу А. Турсунова¹  к.г.н., Жанат Т. Салаватова^{1,2} 

¹АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан; aliya.nurbatsina@gmail.com (ААН), ais.tursun@bk.ru (ААТ), salavatova.07@gmail.com (ЖТС)

²Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, факультет географии и природопользования, Алматы, Казахстан; salavatova.07@gmail.com (ЖТС)

Автор корреспонденции: Алия А. Нурбаcina, aliya.nurbatsina@gmail.com

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

внутригодовое
распределение стока
водный режим
изменения климата
сезонный сток
тенденция изменения
стока

АБСТРАКТ

Глобальные изменения климата и интенсивная хозяйственная деятельность приводят к перераспределению водного режима рек. Изучение закономерностей внутригодового распределения речного стока является одним из важнейших вопросов рационального и комплексного использования водных ресурсов. В представленном научном исследовании проанализированы многолетние региональные тенденции внутригодового распределения речного стока водосборов р. Буктырма – с. Лесная Пристань, р. Жабай – г. Атбасар, р. Улкен-Кобда – с. Кобда с 1985 по 2022 гг. Научные исследования проведены на основе методов статистического анализа с использованием многолетних значений среднемесячных и среднегодовых величин речного стока, среднемесячных величин температур воздуха, среднемесячных сумм атмосферных осадков. Рассмотрена многолетняя динамика стокоформирующих факторов и параметров стока с учетом фаз различной водности. Выявлено, что на территории рассматриваемых бассейнов происходят существенные изменения во внутригодовом распределении стока, такие как уменьшение доли весеннего стока, для реки Жабай (пункт Атбасар) весенний сток в апреле составлял от 63,5 % (в маловодный год) до 79,2 % (в многоводный год) от годового стока, для реки Улкен Кобда (пункт Кобда) доля весеннего стока варьировалась от 38,4 % (в маловодный год) до 71,6 % (в многоводный год), а для реки Буктырма (пункт Лесная Пристань) весенне-летний сток за период с апреля по июль составил около 60...80 % годового стока. Относительно межennaleго стока, то на реках Жабай и Улкен Кобда наблюдается увеличение доли межennaleго стока, в частности, в зимний период (декабрь – март). Например, для Жабай межennaleй сток в зимние месяцы составляет менее 1 % в маловодные года, но его тренд положительный, что указывает на тенденцию к увеличению этой доли. Для реки Буктырма межennaleй сток также увеличивается, хотя в январе и декабре тренды отрицательные.

По статье:

Получено: 06.11.2024
Пересмотрено: 11.02.2025
Принято: 13.03.2025
Опубликовано: 01.04.2025

Для цитирования:

Нурбаcina А., Турсунова А.,
Салаватова Ж. Внутригодовое
распределение стока
типичных рек Казахстана (на
примере рек Буктырма, Есиль,
Жайык) // Гидрометеорология
и экология, №1 (116), 2025, 24-
37.

1. ВВЕДЕНИЕ

Водные проблемы и возможные последствия глобального и регионального изменения климата стало одним из главных, в сценариях развития будущего. Климатические изменения с одной стороны приведут к водному дефициту, с другой стороны – нежелательному перераспределению речного стока внутри года. Если добавить к этому крайне неравномерное распределение водных ресурсов важность оценки внутригодового распределения стока рек при современных климатических условиях становится очевидной.

Экономический эффект от реализуемых на практике водохозяйственных мероприятий прямым образом связан не только со знанием годового объема воды в водотоках, но и их распределением в течение года по отдельным сезонам, месяцам.

Исследование закономерностей внутригодового распределения стока (ВРС) рек является одним из важнейших вопросов, в связи с тем, что распределение стока от года к году постоянно изменяется вследствие различия в величинах расхода воды в одинаковые фазы водного режима (пики половодья, паводков, низкая межень) и из-за сдвига времени наступления однозначных фаз режима в различные годы.

Внутригодовое распределение речного стока зависит от различных факторов. К ним относятся климатические условия (количество и режим осадков, температура воздуха в период таяния сезонных снегов и ледников, испарение с поверхности водоемов), рельеф, тип питания рек, гидрогеология и т. д. [1...3]. Крайне важно, чтобы методы и методики расчета внутригодового распределения стока были проанализированы с точки зрения их корректного отражения существующих природных закономерностей внутригодового стока.

Согласно Своду, правил и Строительным нормам, и правилам [4...5], расчеты ВРС рек производят для календарного, водохозяйственного или гидрологического года. В горных районах особенно большое влияние оказывает рельеф. Он определяет общие условия увлажнения, доступность речных бассейнов влажным воздушным массам, величину и распределение атмосферных осадков. Данные о внутригодовом распределении стока используются при разработке мероприятий по борьбе с наводнениями, при орошении, при разработке проектов промышленного и хозяйственного водоснабжения.

Существует три основных метода расчета внутригодового распределения стока: метод компоновки; метод реального года; метод средних распределений стока за водохозяйственный год заданной градации водности.

Метод Андреянова В.Г. [6] дает наилучшие результаты для тех рек, на которых наблюдается зависимость внутригодового распределения стока от водности года – это равнинные реки, имеющие снеговое питание. Метод основан на принятии равенства обеспеченности стока за год, лимитирующий период и лимитирующий сезон. Расчет значений стока за год, лимитирующий период и лимитирующий сезон обычно осуществляется по следующим градациям водности: многоводная ($P=25\%$), средняя ($P=50\%$), маловодная ($P=75\%$) фазы.

Наиболее простым методом является расчет распределения стока по реальным годам. Из ряда наблюдений выбирается модель из трех лет, характерных по своей водности и распределению стока, с эмпирическими обеспеченностями годового и сезонного стока, близким к заданным. Метод расчета внутригодового распределения по модели реального года не исключает субъективности при выборе такой модели, и обеспеченности годового стока и стока лимитирующих периода и сезона в пределах реального года не всегда бывают однозначны.

В мировой практике проблеме оценки внутригодового стока уделяется большое количество времени. Методы Манна Кендалла рассматриваются в работах по изучению рек Дуньиджан, Тарим, Вей [7...9]. Помимо этого в статье [7] акцентирует внимание на применении индекса концентрации стока CDI, волновой анализ, непараметрического тесты Манна-Уитни. В статье [9] рассчитывается тест Петтита, для определения значительного изменения характеристик распределения. Вейвлет Анализ рассматривается в статьях [7, 10], индекс SPI был рассчитан в статье [8]. Статья [11] описывает математическую модель, которая использует минимальные исходные данные для оценки внутригодового стока. Она включает учет водного баланса, температуры воздуха, осадков и фильтрационных свойств почвы.

В Казахстане проблеме оценки ВРС и характеристикам водного режима уделялось большое внимание в рамках крупных исследований по бассейнам рек и обобщенных в хорошо известных монографиях как Ресурсы поверхностных вод СССР, которые охватывали наблюдения за период с начала гидрологических наблюдений до 1970-х годов. Известны также научные работы по отдельным речным бассейнам Казахстана за различные периоды наблюдений, освещающие как определение закономерностей ВРС, так и отдельные характеристики минимального, либо максимального стока. Так в работах Кузина П.С. [12] рассматривается режим рек Южных районов Западной Сибири, Северного и Центрального Казахстана, Скоцеляс Н.И. рассчитал ВРС для неизученных рек Горного Алтая [13], Беркалиев З.Т. изучал гидрологический режим рек Центрального, Северного и Западного Казахстана [14].

Современные исследования ВРС, включающих более поздние периоды наблюдений обобщены в 2-х монографиях: Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Ресурсы речного стока Казахстана под научной редакцией Р.И. Гальперина [15] и Ж.Д.

Достай, С.К. Алимкулов, А.А. Сапарова Ресурсы речного стока Казахстана – Книга 2 Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Юга и Юго-Востока Казахстана [16]. Также современные исследования гидрологического режима рек Казахстана приведены в отдельных научных статьях казахстанских гидрологов [17...19]. Так, например, оценкой внутригодового распределения речного стока рек Северного склона Жетысу Алатау занимался С.К. Алимкулов [20] бассейна р.Ертис – А.А. Турсунова [21] бассейна Шу, Талас – К.М. Кулебаев [22], Жайык-Каспийского бассейна – С.К. Давлетгалиев [23]. Анализ внутре-годового распределения в бассейне реки Есиль описали в своей работе Л.К. Махмудова [24].

Целью настоящего исследования является изучение современного внутригодового распределения стока на типичных бассейнах рек Буктырма, Есиль и Жайык. Понимание выявленных тенденций поможет разработать более эффективные стратегии управления водными ресурсами и адаптации к изменяющимся климатическим условиям.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования.

Исследуемые реки (Буктырма, Есиль, Жайык) рассматривались как типичные водосборы рек, находящиеся в различных природно-климатических условиях и определяющие ценность водных ресурсов для различного рода отраслей экономики: сельское хозяйство, коммунально-бытовой сектор, гидроэнергетика и др., для смягчения негативных последствий в время половодья в весеннее время и рационального управления водными ресурсами в зависимости от режима рек в течение года.

Бассейны рек Буктырма, Есиль и Жайык были выбраны как регионы, характеризующие различные географические особенности формирования стока, в значительной степени испытывающих воздействия изменения климата [25...26]. Водосборные области в замыкающих створах: р. Буктырма – с. Лесная Пристань, р. Жабай-г. Атбасар, р. Улкен-Кобда – с. Кобда показаны на рисунке 1.

Буктырма одна из наиболее крупных рек на Алтае, относящихся к притокам Ертиса, находится на территории Восточно-Казахстанской области. Длина Буктырмы 336 километра, площадь водосбора 12 660 км² [27]. Впадает в Буктырминское водохранилище, основные притоки: Белая Берель, Сарымсакты, Хамир, Березовка и др. Питание смешанное: 50...55 % снегового, 25...35 % дождевого, 15 % грунтового. Средний годовой расход воды 214 м³/с [28].

Жабай правый приток Есиля. Длина реки – 196 км. Площадь водосборного бассейна – 8800 км². Река протекает по территории Сандыктауского и Атбасарского районов, имеет 14 притоков [29]. Вместе с реками Колутон, Терисаккан, Акканбурлык и Иманбурлык входит в Есильский речной бассейн. Замерзает в начале (в отдельные годы в середине) ноября, вскрывается в середине апреля.

Река Кобда образуется слиянием рек Кара Кобда и Сары Кобда, впадает в р. Елек слева у с. Покровка. На приустьевом участке на протяжении 14 км протекает вдоль границы Актюбинской и Оренбургской областей. Длина реки 225 км, площадь водосбора 14700 км². Основные притоки: р. Терисаккан, р. Саукаин, р. Тамды, р. М. Кобда [30].

Материалы.

Зачастую годовые показатели стока осредняют те изменения, которые происходят внутри года в распределении стока и не отражают реальной картины изменения водного режима рек. Сток рек Есиль, Буктырма и Жайык характеризуются большой межгодовой и внутригодовой изменчивостью, причем объемы стока частых маловодных и редких многоводных лет могут отличаться в два и более раз. Тенденции внутригодового распределения стока оценивались стандартными методами статистического анализа. Использовались пространственно-временной анализ, метод реального года, метод компоновки.

При расчетах внутригодового распределения стока рек в работе были использованы официальные данные РГП «Казгидромет» [31].

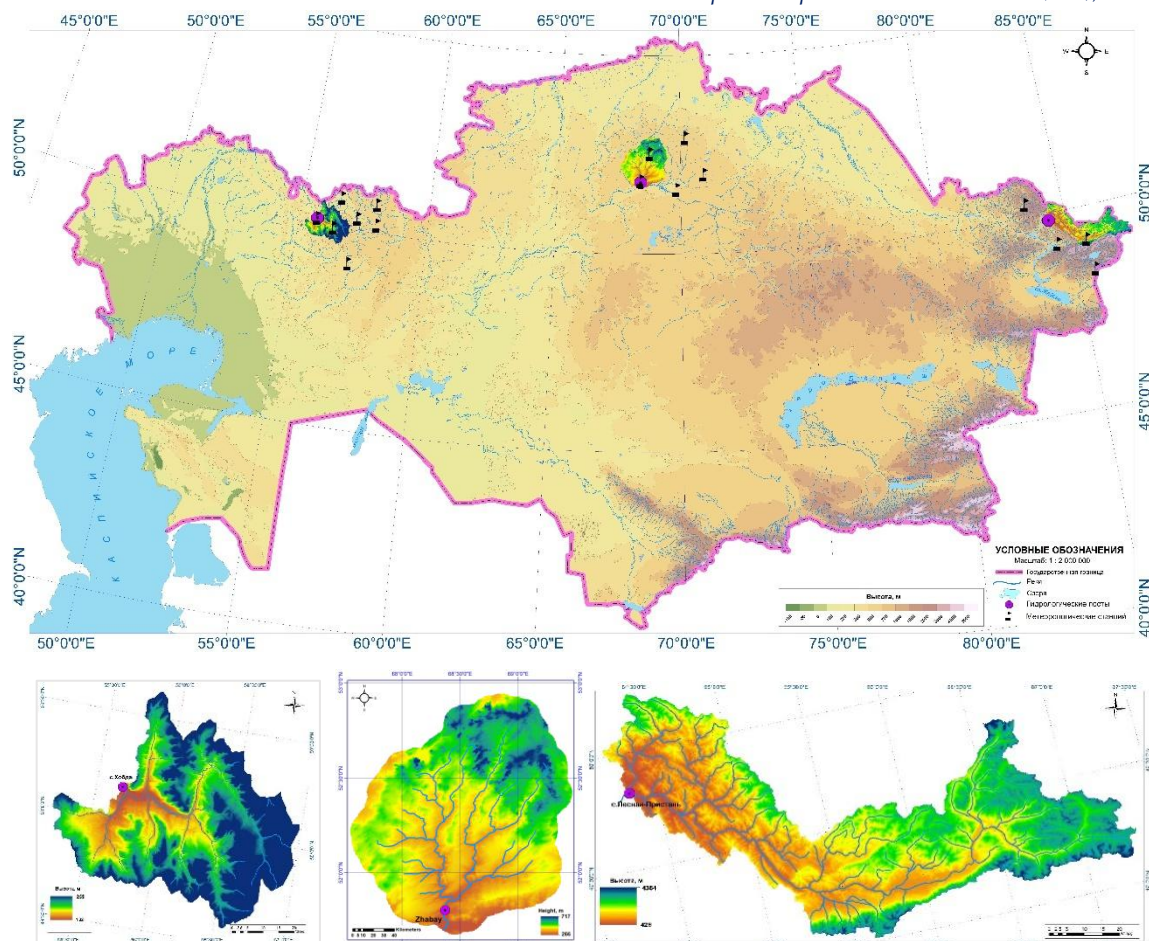


Рисунок 1. Водосборные области ГПП р. Улкен Кобда – с. Кобда, р. Жабай – г. Атбасар и р. Буктырма – с. Лесная Пристань

При расчетах внутригодового распределения стока рек в работе были использованы официальные данные РГП «Казгидромет» [31].

Обработка данных проводилась для временного периода с 1985 по 2022 гг. Гидрологические расчеты и статистический анализ проведены с использованием стандартных пакетов MS Excel, Statistica.

Согласно Своду правил и Строительным нормам и правилам [4...5], расчеты ВРС рек производят для календарного, водохозяйственного или гидрологического года. Существует три основных метода расчета внутригодового распределения стока: метод компоновки; метод реального года; метод средних распределений стока за водохозяйственный год заданной градации водности.

Метод Андреянова В.Г. [6] дает наилучшие результаты для тех рек, на которых наблюдается зависимость внутригодового распределения стока от водности года – это равнинные реки, имеющие снеговое питание. Метод основан на принятии равенства обеспеченности стока за год, лимитирующий период и лимитирующий сезон. Расчет значений стока за год, лимитирующий период и лимитирующий сезон обычно осуществляется по следующим градациям водности: многоводная ($P=25\%$), средняя ($P=50\%$), маловодная ($P=75\%$) фазы.

Наиболее простым методом является расчет распределения стока по реальным годам. Из ряда наблюдений выбирается модель из трех лет, характерных по своей водности и распределению стока, с эмпирическими обеспеченностями годового и сезонного стока, близким к заданным. Метод расчета внутригодового распределения по модели реального года не исключает субъективности при выборе такой модели, и обеспеченности годового стока и стока лимитирующих периода и сезона в пределах реального года не всегда бывают однозначны.

Коэффициенты линейного тренда (a и b) используются для количественного описания динамики изменений месячных расходов воды во времени и выявления долгосрочных тенденций. Они помогают ответить на ключевые вопросы: изменяются ли расходы воды со временем, каков характер этих изменений (рост, снижение или стабильность) и с какой скоростью они происходят. Коэффициент наклона (b) показывает, насколько изменяется средний месячный расход воды за единицу времени (например, месяц или год), что позволяет прогнозировать будущие значения или оценивать влияние внешних факторов, таких как изменение климата или антропогенное воздействие. Свободный член (a) определяет начальный уровень расходов, что важно для общей интерпретации тренда и сравнительного анализа разных временных периодов или гидрологических объектов. Для расчёта коэффициентов линейного тренда месячных расходов воды используется метод наименьших квадратов, рассчитываемый по уравнению:

$$Q_t = a + b * n + \varepsilon_n, \quad (1)$$

где Q_t – месячный расход воды, n – порядковый номер месяца, a – свободный член (начальное значение), b – коэффициент наклона (характеризующий скорость изменения расходов), а ε_n – случайная ошибка. Коэффициенты a и b определяются через средние значения временного ряда и времени, а также суммы произведений и квадратов отклонений.

Основные показатели включают статистическую значимость коэффициента b , определяемую через t -тест. Знак и величина b интерпретируются как показатели направления и скорости изменения расходов воды во времени [32].

Оценка тенденций изменения внутригодового распределения стока рек Есиль, Буктырма и Жайык. Для статистического обоснования наличия или отсутствия тренда использовалась методика И.И. Поляка [33], показавшая наилучший результат при глобальном исследовании водных ресурсов Российской Федерации. Для принятия гипотезы о наличии линейного тренда по методике И.И. Поляка требуется выполнение следующих условий:

$$\frac{\bar{\sigma}^2}{\sigma^2} \leq \sigma^2 \quad |a_1| \geq 2 \sigma_{a_1}, \quad (2)$$

где $\bar{\sigma}^2$ – дисперсия отклонения наблюдаемых величин от линии тренда, где категория определяется как:

$$\bar{\sigma}^2 = \sigma^2 (1 - R^2), \quad (3)$$

где σ_{a_1} – среднее квадратическое отклонение регрессионного коэффициента a_1 , которое определяется следующим образом:

$$\sigma_{a_1} = \sqrt{\frac{12}{n(n-1)}} \sigma \quad (4)$$

Если условия (1) не выполняются, то линейный тренд является незначимым с вероятностью 5 %.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В данном разделе произведены расчеты внутригодового распределения стока по методу компоновки [6] и реального года. В обоих методах были выбраны три градации оценки водности: многоводный (25 %), средневодный (50 %), и маловодный (75 %).

Внутригодовое распределение стока по обоим методам показало (рисунок 2) что для гидрологического поста р. Жабай – с. Атбасар во всех трех градациях оценки водности максимальная водность наблюдается в апреле месяце (63,5...79,2 %), что присуще для рек равнинного типа. За исследуемый период, по методу реального года, самым многоводным годом считался 1995 г., с максимальным расходом в этом году – 145,7 м³/с.

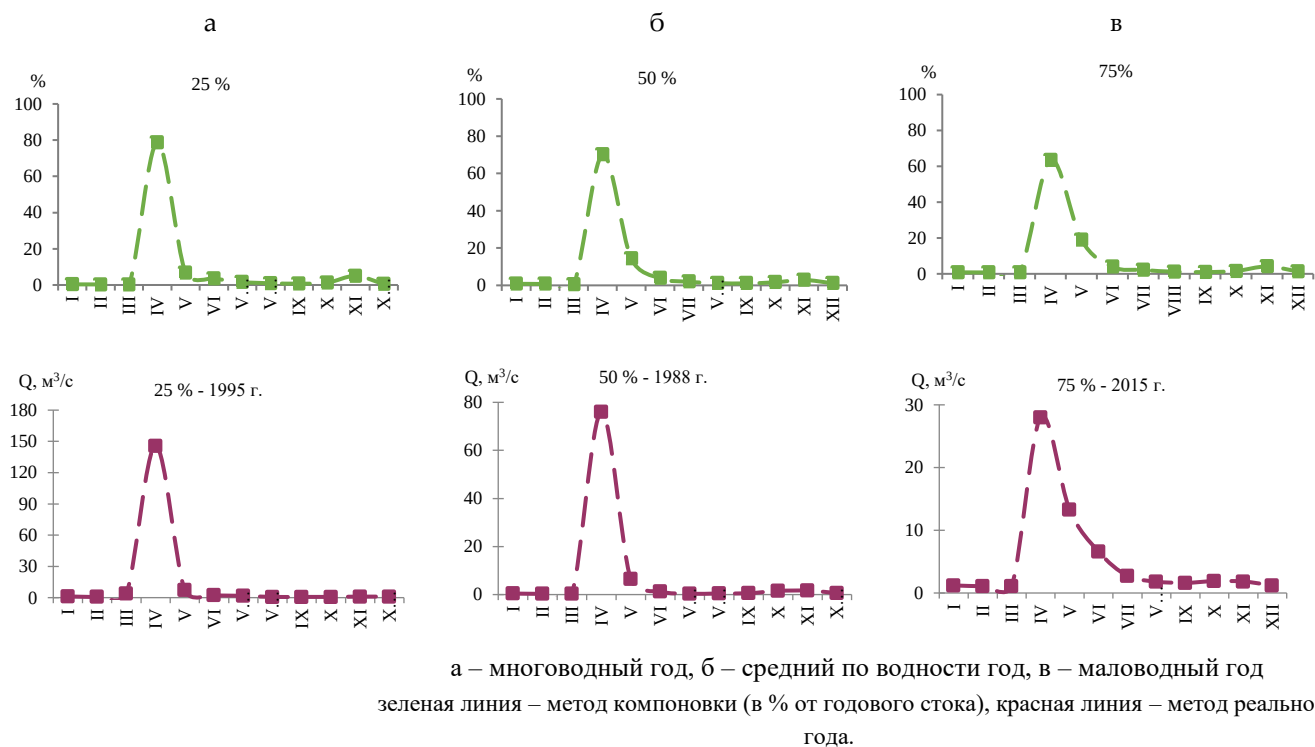


Рисунок 2. Внутригодовое распределение стока на р. Жабай – г. Атбасар для лет различной водности за 1985...2022 гг.

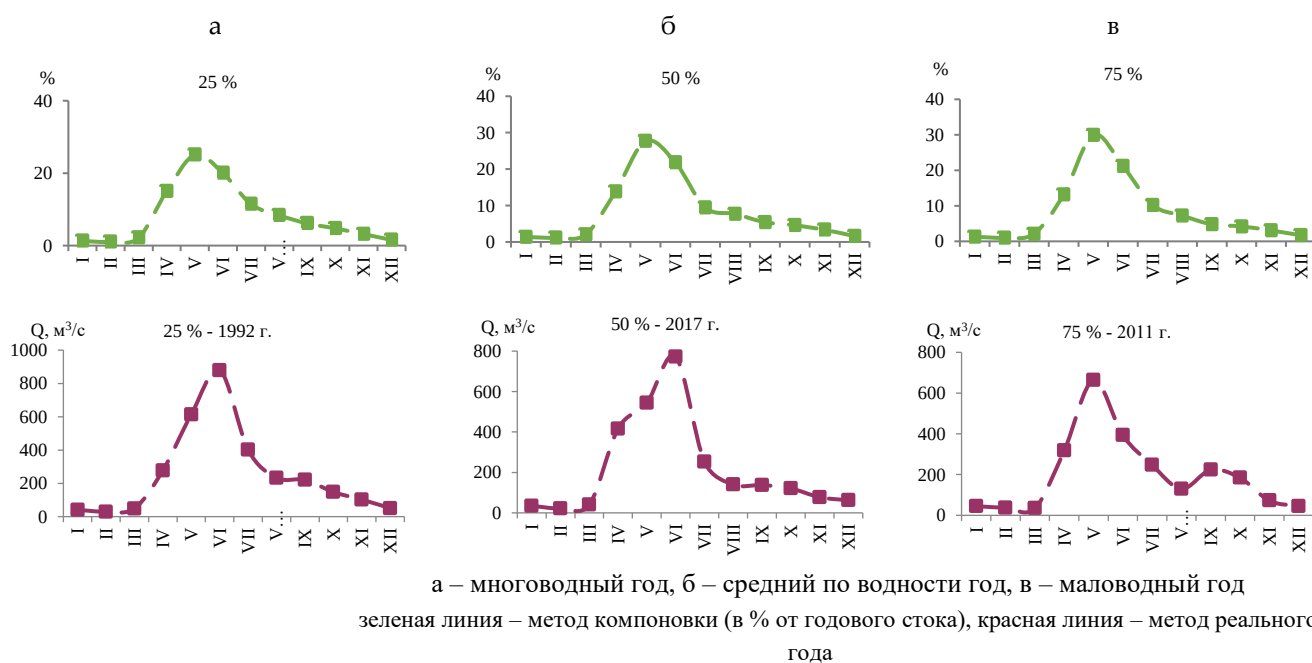


Рисунок 3. Внутригодовое распределение стока на р. Буктырма – с. Лесная Пристань для лет различной водности за 1985...2022 гг.

Водность на ГП р. Буктырма – с. Лесная Пристань в многоводный год длилась 4...5 месяцев. Река Буктырма характеризуется растянутым весенне-летним половодьем и паводками в теплое время года. За 4...6 месяцев полноводного периода проходит 60...80 % годового стока (рис. 3). В многоводный год – 1992 г., значение пика половодья составило 880 м³/с.

Водность на реке Улкен Кобда в многоводные и средние по водности года характерна рекам равнинного типа, где около 80 % стока распределяются в течении 2...3 месяцев половодья. Наибольший месячный сток в основном наблюдается в апреле (рис. 4).

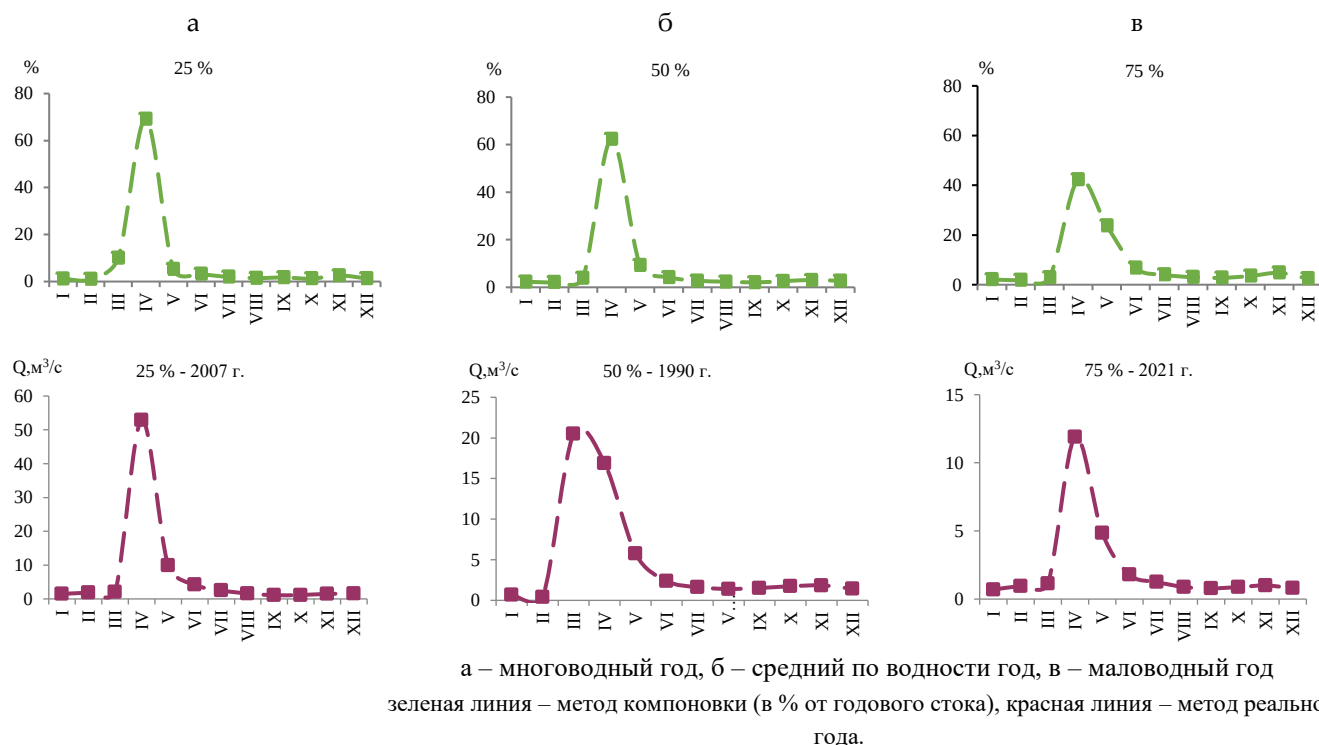


Рисунок 4. Внутригодовое распределение стока на р. Улкен Кобда – с. Кобда для лет различной водности за 1985...2022 гг.

Оценка тенденций изменения внутригодового распределения стока рек Есиль, Буктырма и Жайык. Для ГП р. Жабай – г. Атбасар было рассчитано ВРС 1985...2022 и результаты распределения водности представлены в таблице 1.

Таблица 1

Внутригодовое распределение стока р. Жабай – с. Атбасар для лет различной водности (в % от годового стока)

Обеспеченность года, %	Весна (IV...V)		Лето-осень (VI...X)					Зима (XI...III)					Сумма за год
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
25	79,2	6,9	3,5	1,6	0,9	0,7	1,2	4,8	0,5	0,3	0,3	0,1	100
50	70,6	12,5	3,9	2,2	1,3	1,2	1,7	3,1	1,3	0,9	0,8	0,5	100
75	63,5	19,0	3,9	2,2	1,2	1,0	1,6	4,1	1,4	0,8	0,8	0,7	100

Для ГП р. Буктырма – с. Лесная Пристань было рассчитано ВРС 1985...2022 и результаты распределения водности представлены в таблице 2.

Таблица 2

Внутригодовое распределение стока р. Буктырма – с. Лесная Пристань для лет различной водности (в % от годового стока)

Обеспеченность года, %	Весна-лето (IV...VII)				Осень (VIII...XI)				Зима (XII...III)				Сумма за год
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
25	38,7	21,9	5,5	9,3	7,3	5,3	4,2	2,8	1,1	1,1	0,9	1,9	100
50	38,5	24,4	5,5	7,9	6,8	4,8	4,0	2,9	1,2	1,2	1,0	1,8	100
75	44,2	23,5	4,1	8,9	5,7	3,8	3,2	2,4	0,9	0,9	0,8	1,8	100

Для ГП р. Улкен Кобда – с. Кобда было рассчитано ВРС 1985...2022 и результаты распределения водности представлены в таблице 3.

Среди рассматриваемых рек горная река Буктырма характеризуется высоким весенне-летним половодьем, а равнинные реки высоким весенним половодьем и низкой зимней меженью.

Таблица 3*Внутригодовое распределение стока р. Улкен Кобда – с. Кобда для лет различной водности (в % от годового стока)*

Внутригодовое распределение стока р. Эжель Ковда - С. Ковда для лет различных водности (в % от годового стока)														
Обеспеченность года, %	Весна (IV...V)		Лето-осень (VI...XI)							Зима (XII...III)				Сумма за год
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III		
25	71,6	5,4	2,8	1,7	1,3	1,1	1,5	2,3	1,2	1,0	0,9	9,1	100	
50	62,9	10,2	2,4	1,6	1,4	1,2	1,5	1,8	4,0	3,5	3,3	6,4	100	
75	38,4	21,6	4,1	2,4	1,8	1,7	2,1	2,9	6,7	5,5	5,0	7,7	100	

В данной работе для оценки тенденций изменений месячных расходов воды по исследуемым бассейнам был проведен расчет коэффициентов линейного тренда (a , °C/10 лет) за период с 1985...2022 гг. Результаты расчета коэффициентов линейного тренда речного стока приведены в таблице 4.

Таблица 4*Коэффициент линейного тренда (a , м³/с/10 лет) месячных расходов воды по ГП*

Пост	Период	Месяц												Год
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
р. Улкен Кобда – с. Кобда	1985...2022	0,14	0,19	0,93	-6,88	0,45	0,04	-0,05	-0,08	-0,09	-0,09	0,03	0,08	-0,46
р. Жабай – с. Атбасар	1985...2022	0,13	0,08	-0,09	33,68	-2,89	0,02	0,08	0,41	0,16	0,14	0,23	0,16	2,62
р. Буктырма – с. Лесная Пристань	1985...2022	-1,92	-1,48	6,92	57,09	11,33	18,78	5,31	4,65	-2,10	4,13	5,62	-0,82	9,09

В целом, почти на всех исследуемых реках доля стока в зимние месяцы имеет тенденцию увеличения, лишь на Буктырме в январе и декабре наблюдаются отрицательные тренды. Но, несмотря на это, можно сказать, что сток зимних месяцев имеет положительную тенденцию. Сток весенне-летнего периода, когда в этих районах наблюдается сезон половодья, характеризуется в основном также положительными тенденциями, не считая отдельные месяцы с отрицательным трендом. Результаты расчетов приведены в таблице 5.

Таблица 5*Проверка наличия линейного тренда в рядах речного стока*

Пост	Период	Дисперсии		a_1	$2\sigma_{a_1}$	Значимость тренда
		$\frac{1}{\sigma^2}$	σ^2			
р. Улкен Кобда – с. Кобда	1985...2022	0,39	0,41	0,01	0,15	-
р. Жабай – с. Атбасар	1985...2022	0,12	0,14	0,01	0,15	-
р. Буктырма – с. Лесная Пристань	1985...2022	172,27	176,85	-0,19	0,15	+

Условия формирования речного стока в рассматриваемых бассейнах отличаются значительным разнообразием климатических и орографических условий, рельефа местности, что отражается на неравномерности распределения как атмосферных осадков, так и температуры воздуха и как следствие речного стока.

Анализ показывает, что за современный период, на территории бассейнов наблюдается статистически значимое повышение температуры воздуха. Территория Казахстана, находящаяся в средних широтах Евразийского континента и удаленная от океанов на значительное расстояние, прогревается более значительными темпами, чем Земной шар в среднем. За период с 1976 г. скорость повышения среднегодовой температуры воздуха составила для земного шара 0,18 °C/10 лет, для территории Казахстана скорость оказалась значительно выше – 0,32 °C/10 лет [34], наиболее заметное потепление отмечается в западном регионе на 0,47...0,54 °C/10 лет.

Повышение температуры воздуха приводит к уменьшению накопления снега в зимний период, особенно в равнинных регионах, где температуры могут чаще превышать точку замерзания. Это напрямую влияет на объем талого стока, который формирует основной объем весеннего стока в реках с преимущественно снеговым питанием. Таким образом,

снижение доли весеннего стока в годовом балансе рек, отмеченное в исследовании, можно связать с уменьшением снежного покрова. Теплые зимы могут способствовать увеличению доли дождевого и грунтового питания в меженный период (зимние месяцы). Это объясняет положительную тенденцию меженного стока, отмеченную в работе, особенно для равнинных рек.

В среднем по территории Казахстана годовое количество осадков убывало в период с 1960 г. по 1970 г., в последний 46-летний период долгопериодные тенденции отсутствовали, наблюдалось лишь чередование коротких периодов с положительными и отрицательными аномалиями количества осадков [35]. Тенденция к чередованию периодов с положительными и отрицательными аномалиями осадков без долгосрочного тренда также влияет на внутригодовое распределение стока. Снижение весеннего стока может быть усилено за счет уменьшения зимних осадков в виде снега, тогда как осадки в летний и осенний периоды (чаще в виде дождя) увеличивают долю стока в эти сезоны. Как показала проверка наличия линейного тренда в рядах речного стока, тренд значим лишь для поста р. Буктырма – с. Лесная Пристань. Рассматриваемый метод эффективен при нормально распределенной выборке («белого шума»). Однако ряды стока этому условию, как правило, не отвечают, поэтому оценивание линейного тренда, а, следовательно, и вывод стационарности исходного ряда, является оправданным в той мере, насколько исходная информация отличается от нормального распределения.

Для ГП р. Жабай – г. Атбасар результаты распределения водности представлены на рисунке 5.

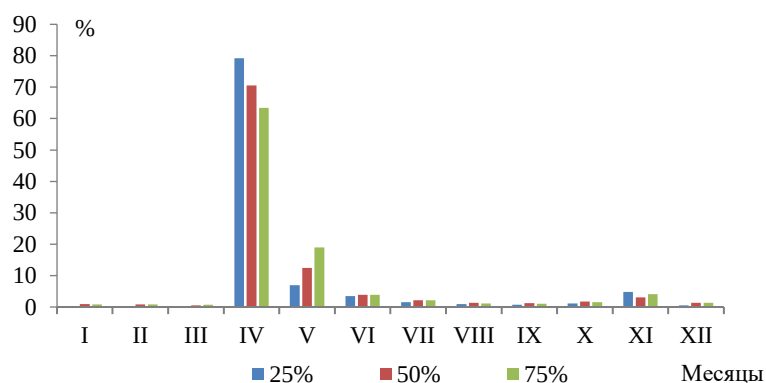


Рисунок 5. Сравнение периодов внутригодового распределение стока в процентах от годового стока р. Жабай – с. Атбасар

Проанализировав данные ВРС можно сделать вывод, что наибольший сток на реке Жабай проходит за время весеннего половодья от 63,5 до 79,2 % от годового стока, наименьший расход менее 1 % проходит в зимнюю межень.

Для ГП р. Буктырма – с. Лесная Пристань результаты распределения водности представлены на рисунке 6.

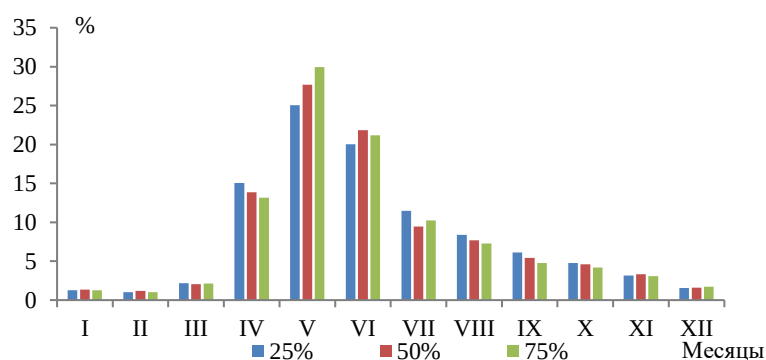


Рисунок 6. Сравнение периодов внутригодового распределение стока в процентах от годового стока р. Буктырма – с. Лесная Пристань

Для горной реки Буктырма период половодья простирается с апреля по август месяцы, а наибольший сток приходится на май месяц – от 25 до 30 %. Также вклад стока в апреле значителен и представляет от 20 до 21,2 %.

Для ГП р. Улкен Кобда – с. Кобда результаты распределения водности представлены на рисунке 7.

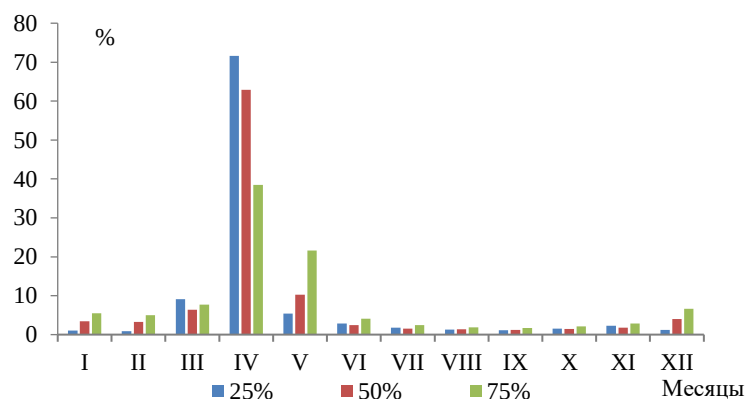


Рисунок 7. Сравнение периодов внутригодового распределения стока в процентах от годового стока р. Улкен Кобда – с. Кобда

По расчетным данным внутригодового распределения, наибольший сток на реке Улкен Кобда проходит за время весеннего половодья 38,4 % стока для маловодного года (75 % обеспеченности) и 71,6 % стока для многоводного года (25 % обеспеченности).

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На всех исследуемых реках внутригодовое распределение стока весьма неравномерное, максимальный сток воды на реках проходит за весенний период, в момент таяния снега и попадания в реку талого стока. Горная река Буктырма имеет более распластаный период половодья, нежели равнинные реки Жабай и Улкен Кобда. Режим рек отражает влияние всего комплекса физико-географических и климатических факторов, свойственных данным природным зонам. Среди них главная роль принадлежит осадкам и их распределению в году, режиму температуры воздуха, испарению и инфильтрации.

Проведенное исследование внутригодового распределения стока рек Буктырма, Жабай и Улкен Кобда позволило выявить существенные изменения в динамике сезонного распределения стока, обусловленные влиянием глобальных климатических изменений и локальных гидрологических факторов. Доля весеннего стока, традиционно доминирующего для рек с преобладанием снегового питания, уменьшилась. Так, для реки Жабай доля весеннего стока снизилась до 63,5 % в маловодные годы, что значительно ниже, чем показатели многоводных периодов (до 79,2 %). Для реки Улкен Кобда весенний сток варьировался от 38,4 % (в маловодный год) до 71,6 % (в многоводный год), демонстрируя схожие тенденции снижения в маловодные годы. Уменьшение доли весеннего стока связано с сокращением снежного покрова в условиях потепления климата и увеличением доли дождевого и грунтового питания рек в другие сезоны. На всех исследуемых реках наблюдается положительная тенденция к увеличению доли меженного стока, особенно в зимние месяцы. Так, на реке Жабай сток в зимний период остался ниже 1 % в маловодные годы, но его доля растёт, что подтверждается положительным трендом. Для реки Буктырма, несмотря на общий рост меженного стока, в декабре и январе наблюдаются отрицательные тренды. Однако общий вклад зимнего стока в годовой баланс растёт, что может быть связано с изменениями температурного режима, снижением глубины промерзания грунтов и перераспределением водных ресурсов.

Полученные данные имеют важное значение для водохозяйственного планирования, особенно в условиях усиливающегося водного дефицита. Снижение доли весеннего стока требует корректировки систем управления водными ресурсами, включая оптимизацию водоснабжения, регулирование речных бассейнов и развитие технологий адаптации к изменению климата.

ДОСТУПНОСТЬ ДАННЫХ

Данные, использованные в этом исследовании получены авторами из открытых баз данных РГП «Казгидромет».

ВКЛАД АВТОРОВ

Концептуализация – ААН; управление данными –ЖТС; формальный анализ –ААТ, ЖТС; методология –ААН, ААТ; руководство - ААТ; визуализация –ЖТС; написание исходного текста – ААН, ЖТС; написание и редактирование окончательного текста –ААН.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Данное исследование было финансировано Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант №АР 19678734 «Оценка современных и прогнозных гидрологических изменений бассейнов рек Казахстана на основе моделирования (на примере рек Буктырма, Есиль, Жайык)»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cui T., Tian F., Yang, T., Wen J., Khan M. Y. A. Development of a comprehensive framework for assessing the impacts of climate change and dam construction on flow regimes. *Journal of Hydrology*, 2020, Vol. 590, pp. 125358. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125358>
2. Korneychuk N. N., Kirichuk G. Y. Structural and functional organization of phytomicroperiphyton of the transboundary stviga river. *Hydrobiological Journal*, 2018, Vol. 54, No. 1. <https://doi.org/10.1615/hydrobj.v54.i1.10>
3. Чигринцев А.Г., Дускаев К.К., Сатмурзаев А.А., Инсигенова А.Е., Салаватова Ж.Т. Исследование основных характеристик и внутригодового распределения стока воды рек территории г. Алматы // *Гидрометеорология и экология*. – 2021. – №. 3 (102). – С. 44-62.
4. СП 33-101-2003. Определение расчетных гидрологических характеристик. – М.: Госстрой России, 2004. – 72 с.
5. СНиП 2.01.14-83. Определения расчетных гидрологических характеристик. Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 36 с.
6. Андреев В.Г. Внутригодовое распределение стока. – Л.: Гидрометеоиздат, 1960. – 327 с.
7. Ling H., Xu H., Fu J. Changes in intra-annual runoff and its response to climate change and human activities in the headstream areas of the Tarim River Basin, China. *Quaternary International*, 2014, Vol. 336, pp. 158-170.
8. Ren K., Huang S., Huang Q., Wang H., Leng G. Environmental flow assessment considering inter-and intra-annual streamflow variability under the context of non-stationarity. *Water*, 2018, Vol. 10, No. 12, pp. 1737.
9. Tu X., Singh V. P., Chen X., Chen L., Zhang Q., Zhao Y. Intra-annual distribution of streamflow and individual impacts of climate change and human activities in the Dongjiang River Basin, China. *Water Resources Management*, 2015, Vol. 29, pp. 2677-2695.
10. Alifujiang, Y., Abuduwaili J., Groll M., Issanova G., Maihemuti B. Changes in intra-annual runoff and its response to climate variability and anthropogenic activity in the Lake Issyk-Kul Basin, Kyrgyzstan. *Catena*, 2021, Vol. 198, pp. 104974.
11. Savichev O. G., Moiseeva Y. A. A model of intra-annual flow distribution with scanty observational data. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2018, Vol. 211, No. 1, pp. 012040.
12. Кузин П.С. Режим рек Южных районов Западной Сибири, Северного и Центрального Казахстана. – Л.: Гидрометеоиздат, 1953. – 538 с.
13. Скоцелас Н.И. Расчет внутригодового распределения стока для неизученных рек Горного Алтая // *Труды КазНИГМИ*. – 1975. – С. 15-20.
14. Беркалиев З.Т. Гидрологический режим рек Центрального, Северного и Западного Казахстана. – Алма-Ата: АН Каз ССР, 1959. – 278 с.
15. Ресурсы речного стока. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод юга и юго-востока Казахстана. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного и Центрального и Восточного Казахстана / под науч. ред. Р.И. Гальперина. – Алматы, 2012. – Т. VII. – Кн.1. – 684 с.
16. Достай Ж.Д., Алимкулов С.К., Сапарова А.А. Ресурсы речного стока. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод юга и юго-востока Казахстана. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного и Центрального и Восточного Казахстана. – Алматы, 2012. – Т. VII. – Кн.2. – 684 с.
17. Давлетталиев С.К. Совокупная оценка нормы месячного стока рек Северной и Западной Джунгарии // *Вестник КазГУ. Серия географическая*. – 1996. – №3. – С. 99-109.
18. Чигринцев А.Г. Внутригодовое распределение стока правобережных притоков реки Ертис в пределах Республики Казахстан // *Вестник КазНУ. Серия географическая*. – 2012. – №1(34). – С. 54-63.
19. Турсунова А.А., Мырзахметов А.Б., Куркебаев А.А. Внутригодовое распределение стока рек бассейна оз. Балкаш // *Гидрометеорология и экология*. – 2010. – №4 – С. 118-129.
20. Алимкулов С.К., Раймбекова Ж.Т., Исалдаева С.Ж. Оценка внутригодового распределения стока рек Северного склона Жетысу Алатау // *Вестник КазНУ. Серия географическая*. – 2022. – №1 (64). – С. 70-76.
21. Турсунова А.А., Аппазова Т.Б., Талипова Э.К. Оценка внутригодового распределения речного стока бассейна р.Ертис // *Материалы международной научно-практической конференции «Перспективы развития современной науки», Иерусалим 4-6 мая 2016 г.* – Израиль, 2016. – С. 262-269.
22. Кулебаев К.М. Внутригодовое распределение стока рек бассейна Шу, Талас // *Вопросы географии и геоэкологии*. – Алматы, 2013. – №2 – С.52-55.
23. Давлетталиев С.К., Достоева А.Д. Восстановление рядов весеннего стока рек Жайык-Каспийского бассейна // *Гидрометеорология и экология*. – Алматы, 2014. – №1. – С. 88-95.
24. Makhmudova L., Beisembin K., Moldakhmetov M., Mussina A. Intra-annual flow distribution of the rivers in the Yesil river basin. *Water Conservation and Management*, Vol. 8, No. 2, pp.241-250. <https://doi.org/10.26480/wcm.02.2024.241.250>
25. Шиварева С.П., Аvezова А. Применение модели HBV для расчета стока р. Оба на перспективу с учетом изменения климата // *Гидрометеорология и экология*. – 2012. – №4. – С.66-77.
26. Кишкимбаева А.А., Смирнова Е.Е., Болатова А.А. Определение тенденции изменения стока р. Шарын на перспективу под влиянием климата // *Водные ресурсы Центральной Азии и их использование: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни».* - Алматы, 2016. – Кн. 2. – С.343-347.

27. Казахстан. Национальная энциклопедия. – Алматы: Казахская энциклопедия, 2004. – Т. I. – ISBN 9965-9389-9-7.
28. Большая советская энциклопедия: в 30 т. / гл. ред. А. М. Прохоров. – 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1969–1978.
29. Нұсұпқызы М.Н., Бейсенбаева С.Ж. Применение программы MIKE-hydro для моделирования наводнения участка бассейна реки Жабай //Progress in Science. – 2023. – №. 4.
30. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып. 2. Урало-Эмбинский район / под ред. З. Г. Марковой. — Л.: Гидрометеоиздат, 1966. — 152 с.
31. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. [Электронный ресурс] URL: <https://www.kazhydromet.kz/ru/gidrologiya/ezhegodnye-dannye-o-rezhime-i-resursah-poverhnostnyh-vod-sushi-eds>, дата обращения: 15.08.2024
32. Дружинин В.С., Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. СПб: Издательство РГГМУ, 2001. – 170 с.
33. Поляк И. И. Оценивание линейного тренда временных метеорологических рядов / Труды ГГО. – Л.: ГМИ, 1975. – Вып. 364. – С.51-58.
34. Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана: 2022 год. – Нур-Султан, 2023.
35. Восьмое Национальное Сообщение и Пятый Двухгодичный Доклад Республики Казахстан Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Астана, 2022. – 205 с.

REFERENCES

1. Cui T., Tian F., Yang, T., Wen J., Khan M. Y. A. (2020). Development of a comprehensive framework for assessing the impacts of climate change and dam construction on flow regimes. *Journal of Hydrology*, Vol. 590, p. 125358. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125358>
2. Korneychuk N. N., Kirichuk G. Y. (2018). Structural and functional organization of phytomicroperiphyton of the transboundary Stviga river. *Hydrobiological Journal*, Vol. 54, No. 1. <https://doi.org/10.1615/hydrobj.v54.i1.10>
3. Chigrinets A. G., Duskaev K. K., Satmurzayev A. A., Insignova A. E., Salavatova Zh. T. (2021). Issledovanie osnovnykh kharakteristik i vnutrigodovogo raspredeleniya stoka vody rek territorii g. Almaty [Study of the main characteristics and intra-annual distribution of river water flow in Almaty]. *Gidrometeorologiya i ekologiya*, No. 3(102), pp. 44-62 [in Russian].
4. SP 33-101-2003. (2004). Opredelenie raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik [Determination of calculated hydrological characteristics]. Moscow: Gosstroy Rossii, 72 p. [in Russian].
5. SNiP 2.01.14-83. (1985). Opredelenie raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik [Determination of calculated hydrological characteristics]. Moscow: Stroyizdat, 36 p. [in Russian].
6. Andreyanov V. G. Vnutrigodovoe raspredelenie stoka [Intra-annual distribution of runoff]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1980, 327 p. [in Russian].
7. Ling H., Xu H., Fu J. (2014). Changes in intra-annual runoff and its response to climate change and human activities in the headstream areas of the Tarim River Basin, China. *Quaternary International*, Vol. 336, pp. 158-170.
8. Ren K., Huang S., Huang Q., Wang H., Leng G. (2018). Environmental flow assessment considering inter-and intra-annual streamflow variability under the context of non-stationarity. *Water*, Vol. 10, No. 12, p. 1737.
9. Tu X., Singh V. P., Chen X., Chen L., Zhang Q., Zhao Y. (2015). Intra-annual distribution of streamflow and individual impacts of climate change and human activities in the Dongjiang River Basin, China. *Water Resources Management*, Vol. 29, pp. 2677-2695.
10. Alifujiang, Y., Abuduwaili J., Groll M., Issanova G., Maihemuti B. (2021). Changes in intra-annual runoff and its response to climate variability and anthropogenic activity in the Lake Issyk-Kul Basin, Kyrgyzstan. *Catena*, Vol. 198, p. 104974.
11. Savichev O. G., Moiseeva Y. A. (2018). A model of intra-annual flow distribution with scanty observational data. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing, Vol. 211, No. 1, p. 012040.
12. Kuzin P. S. Rezhim rek Yuzhnykh raionov Zapadnoi Sibiri, Severnogo i Tsentral'nogo Kazakhstana [Regime of rivers in the southern regions of Western Siberia, Northern and Central Kazakhstan]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1953, 538 p. [in Russian].
13. Skotselyas N. I. (1975). Raschet vnutrigodovogo raspredeleniya stoka dlya neizuchennykh rek Gornogo Altaya [Calculation of intra-annual runoff distribution for unstudied rivers of Mountain Altai]. *Trudy KazNIGMI*, pp. 15-20 [in Russian].
14. Berkaliyev Z. T. Gidrologicheskii rezhim rek Tsentral'nogo, Severnogo i Zapadnogo Kazakhstana [Hydrological regime of rivers in Central, Northern, and Western Kazakhstan]. Alma-Ata: AN Kaz SSR, 1959, 278 p. [in Russian].
15. Resursy rechnogo stoka [River flow resources]. Vol. VII, book 1. Edited by R. I. Galperin. Almaty, 2012, 684 p. [in Russian].
16. Dostay Zh. D., Alimkulov S. K., Saparova A. A. (2012). Resursy rechnogo stoka [River flow resources]. Vol. VII, book 2. Almaty, 684 p. [in Russian].
17. Davletgaliev S. K. (1996). Sotsial'naya otsenka normy mesyachnogo stoka rek Severnoi i Zapadnoi Dzhungarii [Comprehensive assessment of monthly runoff norms of rivers in Northern and Western Dzhungaria]. *Vestnik KazGU, Geographical series*, No. 3, pp. 99-109 [in Russian].
18. Chigrinets A. G. (2012). Vnutrigodovoe raspredelenie stoka pravoberezhnykh pritokov reki Ertis v predelakh Respubliki Kazakhstan [Intra-annual distribution of runoff of the right-bank tributaries of the Irtysh River in Kazakhstan]. *Vestnik KazNU, Geographical series*, No. 1(34), pp. 54-63 [in Russian].
19. Tursunova A. A., Myrzakhetov A. B., Kurkebaev A. A. (2010). Vnutrigodovoe raspredelenie stoka rek basseina oz. Balkash [Intra-annual distribution of runoff in the Balkhash Lake Basin]. *Gidrometeorologiya i ekologiya*, No. 4, pp. 118-129 [in Russian].
20. Alimkulov S. K., Raimbekova Zh. T., Isaldaeva S. Zh. (2022). Otsenka vnutrigodovogo raspredeleniya stoka rek Severnogo sklona Zhetysu Alatau [Assessment of intra-annual runoff distribution of rivers on the northern slope of the Zhetysu Alatau]. *Vestnik KazNU, Geographical series*, No. 1(64), pp. 70-76 [in Russian].
21. Tursunova, A. A., Appazova, T. B., Talipova, E. K. (2016). Otsenka vnutrigodovogo raspredeleniya rechnogo stoka basseina r. Ertis [Assessment of intra-annual river flow distribution in the Irtysh River basin]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Perspektivy razvitiya sovremennoy nauki»*, May 4–6, 2016, Jerusalem, Israel, pp. 262–269 [in Russian].
22. Kulebaev, K. M. (2013). Vnutrigodovoe raspredelenie stoka rek basseina Shu, Talas [Intra-annual runoff distribution of the Shu-Talas river basin]. *Voprosy geografii i geoekologii*, No. 2, pp. 52–55 [in Russian].
23. Davletgaliev S. K., Dostaeva A. D. (2014). Vosstanovlenie ryadov vesennego stoka rek Zhaiyk-Kaspiyskogo basseina [Reconstruction of spring runoff series of the Zhaiyk-Caspian basin rivers]. *Gidrometeorologiya i ekologiya*, No. 1, pp. 88–95 [in Russian].
24. Makhmudova L., Beisembin K., Moldakhmetov M., Mussina A. (2024). Intra-annual flow distribution of the rivers in the Yesil river basin. *Water Conservation and Management*, Vol. 8, No. 2, pp. 241-250. <https://doi.org/10.26480/wcm.02.2024.241.250>
25. Shivareva S. P., Avezova A. (2012). Primenenie modeli HBV dlya rascheta stoka r. Oba na perspektivu s uchetom izmeneniya klimata [Application of the HBV model for future runoff calculation of the Oba River considering climate change]. *Gidrometeorologiya i ekologiya*, No. 4, pp. 66–77 [in Russian].

26. Kishkimbaeva A. A., Smirnova E. E., Bolatova A. A. (2016). Opredelenie tendentsii izmeneniya stoka r. Sharyn na perspektivu pod vliyaniem klimata [Determination of runoff change trends of the Sharyn River under climate influence]. Vodnye resursy Tsentralnoy Azii i ikh ispolzovanie: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy podvedeniye itogov obyavlenogo OON desyatiletia «Voda dlya zhizni», Vol. 2, pp. 343–347 [in Russian].
27. Kazakhstan. Natsionalnaya entsiklopediya [Kazakhstan. National Encyclopedia] (2004). Almaty: Kazakhskaya entsiklopediya, vol. I, ISBN 9965-9389-9-7 [in Russian].
28. Prokhorov A. M. (Ed.). (1969–1978). Bolshaya sovetskaya entsiklopediya: v 30 t. [Great Soviet Encyclopedia: in 30 volumes] (3rd ed.). Moscow: Sovetskaya entsiklopediya. [in Russian].
29. Nusupkyzy M. N., Beisenbaeva S. Zh. (2023). Primenenie programmy MIKE-hydro dlya modelirovaniya navodneniya uchastka basseina reki Zhabay [Application of MIKE-Hydro software for flood modeling of the Zhabay River basin section]. Progress in Science, No. 4 [in Russian].
30. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR: Gidrologicheskaya izuchennost [Surface Water Resources of the USSR: Hydrological Study]. Vol. 12. Nizhnee Povolzhye i Zapadnyy Kazakhstan. Issue 2. Uralo-Embinskiy rayon, edited by Z. G. Markova. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1966, 152 p. [in Russian].
31. Annual data on the regime and resources of surface waters of land. [Electronic resource] URL: <https://www.kazhydromet.kz/ru/gidrologiya/ezhegodnye-dannye-o-rezhime-i-resursah-poverkhnostnykh-vod-sushi-eds>, date of access: 15.08.2024
32. Druzhinin V. S., Sikan A. V. Metody statisticheskoy obrabotki gidrometeorologicheskoy informatsii [Methods of Statistical Processing of Hydrometeorological Information]. St. Petersburg: Izdatelstvo RGGMU, 2001, 170 p. [in Russian].
33. Polyak I. I. (1975). Otsenivanie lineynogo trenda vremennykh meteorologicheskikh ryadov [Estimation of Linear Trend in Time Series of Meteorological Data]. Trudy GGO, Vol. 364, pp. 51–58 [in Russian].
34. Ezhegodnyy byulleten monitoringa sostoyaniya i izmeneniya klimata Kazakhstana: 2022 god [Annual Bulletin of Monitoring the State and Climate Change of Kazakhstan: 2022], 2023, Nur-Sultan [in Russian].
35. Vosmoe Natsionalnoe Soobshchenie i Pyatyy Dvukhgodichnyy Doklad Respubliki Kazakhstan Ramochnoi Konventsii OON ob izmenenii klimata [Eighth National Communication and Fifth Biennial Report of the Republic of Kazakhstan to the UN Framework Convention on Climate Change], 2022, Astana, 205 p. [in Russian].

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТИПТІК ӨЗЕНДЕРІ АҒЫНЫНЫҢ ЖЫЛ ІШІНДЕГІ ТАРАЛУЫ (БҰҚТЫРМА, ЕСІЛ, ЖАЙЫҚ ӨЗЕНДЕРІНІҢ МЫСАЛЫНДА)

Алия А. Нурбацина^{1*}, Айсулу А. Турсунова¹ г.ғ.к., Жанат Т. Салаватова^{1,2}

¹ «География және су қауіпсіздігі институты», Алматы, Қазақстан; aliya.nurbatsina@gmail.com, ais.tursun@bk.ru, salavatova.07@gmail.com

² әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, География және табиғатты пайдалану факультеті, Алматы, Қазақстан; salavatova.07@gmail.com

Автор корреспондені: Алия А. Нурбацина, aliya.nurbatsina@gmail.com

ТҮЙІН СӨЗДЕР

жылдық ағынды бөлу
су режимі
климаттың өзгеруі
маусымдық ағын
ағынның өзгеру тенденциясы

АБСТРАКТ

Климаттың жаһандық өзгеруі және экономикалық қызметтердің қарқындылығы өзендердің су режимін қайта реттеуді қажет етеді. Өзен ағынының жыл сайынғы таралу заңдылықтарын зерттеу су ресурстарын ұтымды және кешенді пайдаланудың маңызды мәселелерінің бірі болып табылады. Ұсынылған ғылыми зерттеуде Бұқтырма өзені – Лесная Пристань а., Жабай өзені–Атбасар қ., Үлкен-Қобда өзені – Қобда а. су алаптарының өзен ағынының жылдық таралуы көпжылдық өңірлік үрдістері 1985 жылдан 2022 жылға дейін талданды. Ғылыми зерттеулер өзендердің орташа айлық және орташа жылдық ағынының, орташа айлық ауа температурасы, жауын-шашынның орташа айлық мөлшерінің көпжылдық мәндерін пайдалана отырып, статистикалық талдау әдістері негізінде жүргізілді. Әр түрлі ағынды қалыптастырушы факторларды ескере отырып, ағынды құраушы фазалардың және ағын параметрлерінің ұзақ мерзімді динамикасы қарастырылады. Қаралып отырған бассейндер аумағында көктемгі ағын үлесінің азаюы сияқты ағынның жыл ішіндегі бөлінуінде елеулі өзгерістер орын алғаны анықталды, Жабай өзені үшін (Атбасар пункті) сәуір айында көктемгі ағын жылдық ағыннан 63,5 % - дан (суы аз жылы) 79,2 % - ға дейін (көп су жылы), Үлкен Қобда өзені үшін (үлкен Қобда пункті Қобда) көктемгі ағынның үлесі 38,4 % -дан (суы аз жылы) 71,6 % - ға дейін (көп су жылы) өзгерді, ал Бұқтырма өзені үшін (Орман айлағы пункті) сәуір мен шілде аралығында көктемгі-жазғы ағын жылдық ағынның шамамен 60...80 % - ға құрады. Аралық ағынға келетін болсақ, Жабай және үлкен Қобда өзендерінде, атап айтқанда, қысқы кезеңде (желтоқсан–наурыз) аралық ағын үлесінің ұлғаюы байқалады. Мысалы, Жабай үшін қыс айларында аралық ағын су аз жылдарда 1 % - дан аз, бірақ оның үрдісі оң, бұл осы үлестің өсу тенденциясын көрсетеді. Бұқтырма өзені

Мақала жайында:

Жіберілді: 06.11.2024
Қайта қаралды: 11.02.2025
Қабылданды: 13.03.2025
Жарияланды: 01.04.2025

INTRA-ANNUAL DISTRIBUTION OF RUNOFF OF TYPICAL RIVERS OF KAZAKHSTAN (ON THE EXAMPLE OF THE BUKTYRMA, ESIL, ZHAYIK RIVERS)

Aliya Nurbatsina^{1*}, Aisulu Tursunova¹ candidate of geographical sciences, Zhanat Salavatov^{1,2}

¹ «Institute of Geography and Water Security», Almaty, Kazakhstan; aliya.nurbatsina@gmail.com, ais.tursun@bk.ru, salavatova.07@gmail.com

² al-Farabi Kazakh National University, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Almaty, Kazakhstan; salavatova.07@gmail.com

Corresponding author: Aliya Nurbatsina, aliya.nurbatsina@gmail.com

KEY WORDS

intra-annual runoff distribution
water regime
climate change
seasonal runoff
runoff change trend

ABSTRACT

Global climate change and intensive economic activity lead to redistribution of the rivers water regime. The study of patterns of intra-annual distribution of river runoff is one of the most important issues of rational and integrated use of water resources. The presented research analyses long-term regional trends in the intra-annual distribution of river runoff in the catchments of the Bukhtyrma - Lesnaya Pristan, Zhabay - Atbasar, and the Ulken Kobda - Kobda from 1985 to 2022. Scientific research was carried out on the basis of statistical analysis methods using multiyear values of average monthly and average annual values of river runoff, average monthly values of air temperatures, average monthly sums of atmospheric precipitation. The multiyear dynamics of flow-forming factors and runoff parameters taking into account phases of different water availability is considered. It is revealed that on the territory of the basins under consideration there are significant changes in the intra-annual distribution of runoff, such as a decrease in the share of spring runoff, the spring runoff for the river Zhabay - Atbasar was from 63,5 % (in a low-water year) to 79,2 % (in a high-water year) in April of the annual flow, the proportion of spring flow for the Ulken Kobda - Kobda varied from 38,4 % (in a low-water year) to 71,6 % (in a high-water year), and the spring-summer flow for the period from April to July for the Bukhtyrma - Lesnaya Pristan was about 60...80 % of the annual flow. In terms of low-water flow, the Zhabay and Ulken Kobda rivers show an increase in the share of low-water flow, particularly during the winter period (December-March). For example, for the Zhabay, the low-water flow in winter months is less than 1 % in dry years, but its trend is positive, indicating a tendency to increase this share. The low-water flow is also increasing, for the Bukhtyrma river, although the trends are negative in January and December.

About article:

Received: 06.11.2024

Revised: 11.02.2025

Accepted: 13.03.2025

Published: 01.04.2025

Примечание издателя: заявления, мнения и данные во всех публикациях принадлежат только автору (авторам), а не журналу "Гидрометеорология и экология" и/или редактору (редакторам).