



Научная статья

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕК В ВОДОСБОРЕ БАССЕЙНА РЕКИ НУРА

Жумахан С. Мустафаев^{1*}  д.т.н., Алия Т. Козыкеева²  д.т.н., Унзила Шугайып² ,
Куаныш Б. Абдешев³  PhD, Нуржан А. Турсынбаев⁴  PhD

¹ АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан; z-mustafa@rambler.ru (ЖСМ)

² Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан; aliya270863@gmail.com (АТК), unzila8282@mail.ru (УШ)

³ Южно-Казахстанский государственный университет имени М. Ауезова, Шымкент, Казахстан; abdeshev.kuanysh@mail.ru (КБА)

⁴ Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан; nurANT_78@mail.ru (НАТ)

Автор корреспонденции: Жумахан С. Мустафаев, z-mustafa@rambler.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

среднегодовой расход воды
река
тенденция
линейный тренд
оценка
анализ

АБСТРАКТ

Для изучения пространственной и временной изменчивости среднегодового расхода воды рек в водосборе бассейна реки Нура использованы многолетние материалы гидрологических постов Бес-Оба, Шешенкара, Балыкты, Акмешит и Р. Кошкарбаева, а также рек Шерубайнура, Соқыр, Акбастау, Улкен-Кундызды и Кон, относительно равномерно расположенных в пределах бассейна с площадью 58100 км², с периодом наблюдений 1932...2021 годы. Анализ динамики гидрологических процессов в водосборе бассейна реки Нура показывает, что многолетние колебания среднегодовых расходов воды рек содержат стохастическую и детерминированную (в виде линейного тренда) компоненты.

Получены статистически достоверные оценки параметров циклической структуры многолетних колебаний (фаза, амплитуда, синхронности) среднегодовых расходов речной воды. Показано, что чередование многоводных лет с маловодными, связанные с фазами развития процесса многолетних колебаний стока, представимо в виде зависящих от времени функций, обладающих динамическими средними с различной интенсивностью. Это обстоятельство может послужить научной основой прогнозирования речного стока.

По статье:

Получено: 27.10.2024

Пересмотрено: 19.02.2025

Принято: 20.02.2025

Опубликовано: 01.04.2025

Для цитирования:

Мустафаев Ж., Козыкеева А., Шугайып У., Абдешев К., Турсынбаев Н. Анализ и оценка тенденции изменения гидрологического режима рек в водосборе бассейна реки Нура // Гидрометеорология и экология, №1 (116), 2025, 7-23.

1. ВВЕДЕНИЕ

Особенности зоны формирования водных ресурсов Центрального Казахстана, отличающихся низкогорными системами, выполняющих важные стокообразующие функции, существенно влияют на водную и продовольственную безопасность и условия жизни населения. Эти функции определяют научную и практическую целесообразность изучения в пространственных и временных аспектах закономерности формирования речного стока, имеющие важное значение при решении практических задач водопользования и перспектив дальнейшего развития регионов Центрального Казахстана. Водосборная территория бассейна реки Нура, берущее начало в низкогорьях Казахского мелкосопочника, относится к внутреннему бессточному району Центрального Казахстана. Река Нура относится к одной из основных водных артерий огромной Тенгиз-Кургальджинской впадины, которая входит в состав Коргалжынского природного заповедника и на протяжении тысячелетий служил пространственным базисом для природопользования, природообустройства и народонаселения.

Расположенный в глубине Евразийского континента у северной границы субтропической зоны, регион характеризуется континентальным климатом, неравномерным распределением атмосферных осадков, выполняющих важные стокообразующие функции, способствует формированию своеобразных гидрологических циклов во всех реках водосбора бассейна реки Нура, обусловленным снеговым и дождевым питанием.

Следовательно, изучение в пространственных и временных аспектах закономерностей формирования гидрологического стока в реках водосбора бассейна реки Нура определяют необходимость выявления основных тенденций в изменении среднегодового расхода воды, в рамках которых открывается возможность анализировать и прогнозировать динамику водных ресурсов на современном этапе, и прогнозировать на будущее в процессе изменения климата и антропогенной деятельности.

Существует большое количество работ, посвященных изучению особенностей формирования гидрологического стока на территории водосбора бассейна реки Нура, среди которых следует выделить работы:

- Л.К. Махмудовой [1], где представлены результаты оценки водных ресурсов рек Есиль и Нура в условиях антропогенной деятельности;

- М.Масимбаевой, М.Г. Макаровой [2], где с использованием разностно-интегральной кривой показана неравномерность динамики годового стока рек Есиль и Нура, которые могут различаться в сотни раз по годам;

- Р.Г. Абдрахимова и А.Г. Елтай [3], где приведены результаты расчетов характеристик годового и максимального стока по длине реки Нура, в условиях хозяйственного использования воды в ее бассейне;

- Р.Г. Абдрахимова и А.Г. Елтай [4], где рассмотрены расчетные характеристики минимального зимнего и летне-осеннего стока и их изменения с учетом хозяйственной деятельности по длине реки Нура;

- Р.К. Ащановой [5], направленных на определение нормы и изменчивости стока бассейна реки Нура, являющихся обновленной гидрологической базой составляющей в гидрологических расчетах при проектировании водохозяйственных систем;

- Ж.Куржынова и С.Н. Ахмедина [6], где приведены гидрологические, гидрохимические и гидробиологические характеристики обследованных участков реки Нура с учетом объема обеспеченного стока;

- А.С. Пшенчиновой, Кристиан Опп, Д.К. Джусупбекова [7], где для приближенной оценки нормы весеннего стока и модуля максимального стока неизученных рек Центрального Казахстана, получены зависимости слоя весеннего стока от площади водосбора и зависимости модуля максимального стока, для приближенной оценки величины весеннего стока неизученных рек Центрального Казахстана;

- Ф.Ж. Акияновой, Н. Б. Зинабдин, Ж. Е. Мусагалиевой, Е. М. Каракулова, М.А. Муздыбаева [8], где изучены водные ресурсы междуречья Нура-Есиль и предлагаются пути их рационального использования для устойчивой организации сельских территорий.

Как видно из проведенного анализа и подходов оценки гидрологического показателя рек бассейна реки Нура, направленных на решение частных задач, где в качестве аппарата исследования используется процесс формирования гидрологического стока речных бассейнов, не позволяют при различных предположениях о количественных и качественных аспектах исследуемого процесса получить цифровую информацию для создания базы данных и банка гидрологических изменений в пространственных и временных аспектах.

Наиболее эффективным инструментом системного анализа процессов формирования гидрологического режима рек бассейна реки Нура в пространственных и временных аспектах могут служить специальные системно-аналитические модели, базирующиеся на теории современной математической статистики, отражающих тенденции изменения этого природного процессе во временном интервале и являющихся основным инструментарием, обеспечивающих адекватное описание реальных гидрологических процессов, которые представляют отличительную особенность предлагаемой научной работы в сравнение с существующими.

Цель исследования – анализ и оценка пространственно-временной изменчивости среднегодового расхода воды рек на территории водосбора бассейна реки Нура для выявления основных тенденций их изменения и циклической их структуры.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования.

Река Нура, берущая начало с западных отрогов гор Кызылтас Каркаралы-Актауского низкогорного массива на высоте 1000...1200 м Казахского мелкосопочника является главной водной артерией огромной Тенгиз-Кургальджинской впадины и охватывает территорию Карагандинской (70 % от площади водосбора реки 58100 км²) и Акмолинской (30 %) областей Республики Казахстан.

Наиболее крупными притоками реки Нура являются реки Сокур, Шерубайнура, Акбастау, Кон и Улкен Кундызды, берущих начала в горах Жаман-Каражал, Жаксы-Каражал, Жельдыадыр и Коянды, которые находятся в пределах Казахского мелкосопочника (рисунок 1).

Для выявления региональных особенностей гидрологического режима территории водосбора бассейна реки Нура проанализирована в пространственном и временном аспектах динамика стока на 10 гидрологических постах на реках, расположенных к северу от осевого хребта в горах Казахского мелкосопочника, которые относятся к Центральному Казахстану (рисунок 1 и таблица 1).



Рисунок 1. Схема размещения гидрологических постов в водосборе бассейна реки Нура

В работе использованы материалы из гидрологических ежегодников «Ресурсы поверхностных вод СССР...» [9], «Государственный водный кадастр, Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод, Республики Казахстан...» (1936...1999 гг.) [10] и «Государственный водный кадастр Республики Казахстан...» (2000...2021 гг.) [11...12], где основным критерием при выборе гидрологических постов и рек была длительность рядов наблюдений за стоком более 20 лет с различной гидрологической обстановкой.

Оценки направленности и интенсивности изменений гидрологических параметров рек в пространственных и временных аспектах выполнены с использованием современных методов прикладной статистики, базирующихся на обработке и анализе гидрологических информации с использованием цифровой технологии.

Для анализа и оценки количественного и качественного мониторинга рек бассейна Нура, с учетом современного состояния гидрологических наблюдений, использован метод «река аналога - река» или «река - река аналога», обеспечивающий восстановление пропущенных рядов по данным о стоке реки аналога или реки пункта, был взят метод линейной корреляции между двумя переменными, описывающий корреляционную линейную зависимость, имеющих следующий вид

$$QRP_i = \alpha \cdot QRA_i + b \rightarrow QRA_i = (QRP_i - b) / \alpha \quad (1)$$

где QRP_i - среднегодовые расходы воды реки - поста, м³/с; QRA_i - среднегодовые расходы воды реки – аналога, м³/с; $\alpha = tga$ – угловой коэффициент регрессии; b – ордината отклонения прямой линии от нулевой точки графика.

Таблица 1

Основные гидрологические характеристики рек водосбора бассейна реки Нура

Река- пункт	Площадь водосбора, км ²	Отметка нуля поста, м	Период наблюдений
Нура - Бес-Оба	1050	709,31	1935...1942, 1964...2021
Нура - Шешенкара	13890	540,36	1951...2021
Нура - Балыкты	17360	488,17	1935...2021
Нура - Акмешит	36800	411,35	1976...2021
Нура – Р. Кошкарбаева	50760	349,65	1932...2021
Шерубайнура - Карамурын	15400		1947...1957, 1965...2021
Сокыр -Акжар	1340	521,00	1948...1992, 2005...2021
Акбастау -Жаманаул	452	703,14	1955...1991
Кон - Берлик			1950...1991, 2001...2021
Улкен Кундыз - Скобелевна	461	452,34	1959...1991, 2008...2021

Для анализа и оценки особенностей развития динамики гидрологических процессов в реках водосбора бассейна реки Нура использован временный ряд, образованный среднегодовыми расходами воды (QR_i) характеризующих значения гидрологического ряда в момент времени (SNY_i). Детерминированная компонента в многолетних колебаниях речного стока выражается линейным трендом, имеющего следующий общий вид:

$$QP_i = \alpha \cdot SNY_i + b \tag{2}$$

где QP_i - среднегодовые расходы воды в реке, м³/с; α - коэффициент регрессии, показывающий изменение результата с изменением временного ряда на одну единицу; b – свободный параметр уравнении регрессии, показывающий значение временного ряда QP_i при $SNY_i = 0$; SNY_i – величина детерминированной компоненты колебаний речного стока в i -ом году.

При этом, уравнение детерминированного линейного тренда (2), характеризующий закон эволюции уровня гидрологического процесса во времени, свидетельствует о том, что формированию среднегодового расхода воды в речных бассейнах свойственна тенденция, являющейся функцией времени, которая может служить основанием для определения таких статистических показателей как:

- абсолютный прирост ($AISI_i$), характеризующий увеличение или уменьшение количественного значения временного ряда ($SIEP_{ei}$) в конце рассматриваемого периода ($EPUR_{ei}$) по сравнению с его начальным значением ($SIBP_{si}$) в начале рассматриваемого периода ($BPUR_{si} = 1 = const$), который определяется по уравнению:

$$\begin{aligned} AISI_i &= SIEP_{ei} - SIBP_{si} = [(\alpha \cdot EPUR_{ei} + b) - (\alpha \cdot BPUR_{si} + b)] = \\ &= (\alpha \cdot EPUR_{ei} + b - \alpha \cdot BPUR_{si} + b) (\alpha \cdot EPUR_{ei} + \alpha \cdot BPUR_{si}) = \\ &= \alpha \cdot (EPUR_{ei} - BPUR_{si}) = \alpha \cdot (EPUR_{ei} - 1); \end{aligned} \tag{3}$$

- темп прироста исследуемого показателя ($QRIUS_i$) показывает относительную величину абсолютного прироста исследуемого показателя ($AISI_i$) за промежутки рассматриваемого периода, и рассчитывается по формуле:

$$QRIUS_i = AISI_i / EPUR_{si} = \{[\alpha \cdot (EPUR_{si} - 1)] / EPUR_{si}\} \cdot 100; \tag{4}$$

- коэффициент роста исследуемого показателя ($GRIUS_i$) представляет собой отношение количественного значения любого исследуемого показателя ($SIEP_{ei}$) в конце рассматриваемого периода ($EPUR_{ei}$) к его начальному значению ($SIBP_{bi}$) в начале рассматриваемого периода ($BPUR_{bi}$) и представлен следующей формулой:

$$\begin{aligned} GRIUS_i &= SIEP_{ei} / SIBP_{bi} = (\alpha \cdot EPUR_{ei} + b) / (\alpha \cdot BPUR_{si} + b) = \\ &= (\alpha \cdot EPUR_{ei} + b) / (\alpha + b). \end{aligned} \tag{5}$$

При этом структурный и системный анализ уравнений (2...5) свидетельствует о том, что формированию среднесуточных годовых расходов воды речного бассейна

свойственна тенденция, являющаяся функцией времени, которая может служить основанием для долгосрочного прогнозирования, так как в уравнении (2) первые слагаемые выражают случайную часть гидрологического процесса, а последние - детерминированную часть этого процесса.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка гидрологического мониторинга и восстановления стока рек.

Для восстановления временного ряда гидрологического стока в основном используется метод линейной корреляции между двумя переменными. Этот метод широко применяется в гидрологических расчетах с целью приведения характеристики рядов стока с многолетними значениями путем восстановления пропущенных рядов по данным о стоке реки-аналога.

При выборе реки аналога необходимо учитывать пространственную связанность рассматриваемой гидрологической характеристики, базирующихся на сходстве климатических и гидрологических условий, географическую близость расположения водосборов иоднотипность стока реки - аналога и реки - пункта, а также с формами территориальной организации формирования гидрологического стока рек, то есть линейные, где гидрологические посты пророчены непосредственно к изучаемому бассейну реки и линейно-площадные, где зоны формирования гидрологического стока идентичны.

Анализ современного состояния гидрологического мониторинга рек бассейна реки Нура показал, что, во-первых, гидрологический пост Бес-Оба находится в зоне формирования стока, где антропогенные факторы не оказывают влияния на их гидрологический режим, во-вторых, отсутствующие гидрологические ряды в 1943...1963 годах можно восстановить с использованием данных гидрологического поста Шешенкара, который в этот период находился вне зоны антропогенной деятельности, в-третьих, в гидрологических расчетах в качестве метода аналога можно использовать прямое и обратное решение задачи по схеме «реки аналога - реки пункта» - «реки пункта - реки аналога», которая не противоречит принципу решения математической задачи, так как действующие гидрологические посты имели прерванные ряды наблюдений.

Для восстановления условно-естественного среднегодового расхода воды рек в водосборных территориях бассейна реки Нура в качестве предиктора выбран гидрологический пост Бес-Оба, расположенный в зоне формирования стока реки Нура, в рамках которого открывается возможность, где построение графиков зависимости среднегодового расхода воды реки-аналога (QRA_i) и реки-пункта (QRP_i) с прерванными наблюдениями были произведены на основе программного обеспечения Microsoft Excel, в результате получены количественные значения параметров корреляционной линейной зависимости двух переменных (рисунки 2...3 и таблица 2).

Таблица 2

Корреляционные модели, характеризующие зависимость среднегодовых расходов воды между гидрологическими постами и реками аналога (река Нура-Бес-Оба) и река-пункта в водосборе бассейна реки Нура

Река- пункт	Уравнение регрессии	Индекс детерминации (R_i^2)
Нура- Шешенкара	$QRP_i = 5,7613 \cdot QRA_i + 0,2683$	0,7339
Нура - Балыкты	$QRP_i = 7,7110 \cdot QRA_i + 3,5219$	0,5202
Нура - Акмешит	$QRP_i = 15,22740 \cdot QRA_i + 7,3391$	0,6451
Нура-Р. Кошкарбаева	$QRP_i = 22,4840 \cdot QRA_i + 6,7136$	0,5277
Шерубайнура- Карамурын	$QRP_i = 5,2990 \cdot QRA_i + 1,7542$	0,6364
Соқыр - Акжар	$QRP_i = 1,3500 \cdot QRA_i + 0,4905$	0,5381
Акбастау - Жанааул	$QRP_i = 0,2053 \cdot QRA_i + 0,0457$	0,6013
Улкен-Кундыз -Скобелевка	$QRP_i = 1,7000 \cdot QRA_i + 0,2707$	0,5263
Кон -Берлик	$QRP_i = 4,0592 \cdot QRA_i + 0,3473$	0,5676

Анализ корреляционных моделей, характеризующие зависимость среднегодовых расходов воды между рекой аналога (QRA_i) и реки-пункта (QRP_i) в водосборе бассейна реки Нура (рисунки 2...3 и таблица 2) свидетельствует о том, что существует сильная корреляционная зависимость признака-результата QRA_i от фактора QRA_i , так как индекс

детерминации (R^2), выраженный квадратом линейного коэффициента корреляции ($R = \sqrt{R^2}$) достаточно высокий и изменяется от 0,5202 до 0,7339, а коэффициент корреляции, который изменяется от 0,7213 до 0,8597 показывает наиболее хорошую значимость.

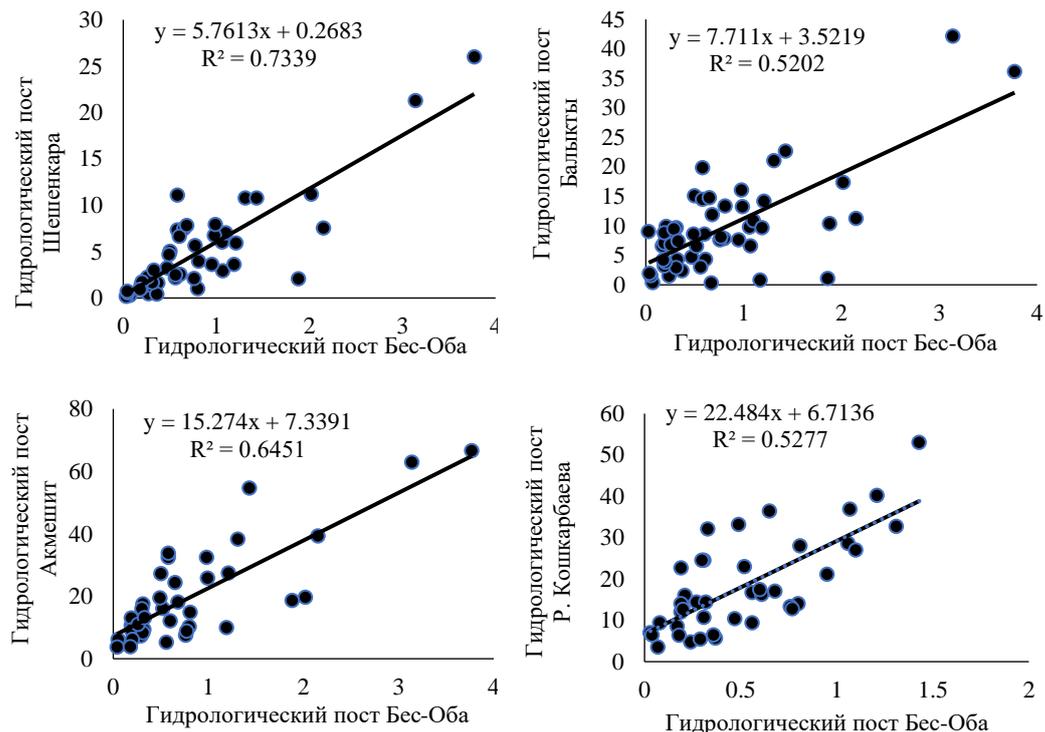


Рисунок 2. График корреляционной связи между среднегодовым расходом воды гидрологического поста -аналога и гидрологического поста-пункта по рекам Нура

Результаты, полученные в процессе анализа гидрологической информации корреляционной модели, характеризующие зависимость среднегодовых расходов воды между гидрологическими постами реки-аналога и реки-пункта в водосборе бассейна реки Нура с высокими коэффициентами корреляции, показывающих математический смысл и значимость могут быть использованы, при наличии данных наблюдений в реке-пунктах, в качестве аналогов для восстановления отсутствующих данных в реке-аналоге, что не противоречит закону математики и природы [13...15].

На основе накопленных данных гидрологического мониторинга рек на территории водосбора бассейна реки Нура за период 1932...2021 годы с использованием корреляционных моделей восстановлены среднегодовые расходы воды реки Нура в гидрологических постах Бес-Оба, Шешенкара, Балыкты, Акмешит и Р. Кошкарбаева, а также в реках Шерубайнура, Соқыр, Акбастау, Улкен Кундызды и Кон, что позволило созданию базы исследований, позволяющих в какой-то мере анализировать и прогнозировать динамику водных ресурсов в пространственных и временных аспектах.

Региональные особенности изменения гидрологического стока рек на территории водосбора бассейна реки Нура в пространственных и временных аспектах.

Для оценки репрезентативности среднего многолетнего значения гидрологического стока рек использованы разностные интегральные кривые, которые характеризуют изменения во времени нарастающей суммы отклонения значений среднегодового расхода воды рек от его среднего многолетнего значения [16..17]:

$$QR_i \rightarrow \sum_{i=1}^N QR_i \rightarrow (\sum_{i=1}^N QR_i / N = f(t) \rightarrow QAP_i \rightarrow QR_i / QAP_i \rightarrow MC_i, \quad (6)$$

$$MC_i \rightarrow (MC_i - 1) \rightarrow \sum_{i=1}^N (MC_i - 1), \quad (7)$$

где, QR_i – среднегодовые значения расхода воды реки временного ряда; N – продолжительность временного ряда или число лет непрерывных наблюдений; QAP_i - среднеарифметические значения расходов воды реки временного ряда; MC_i - модульный коэффициент рассматриваемой гидрологической характеристики.

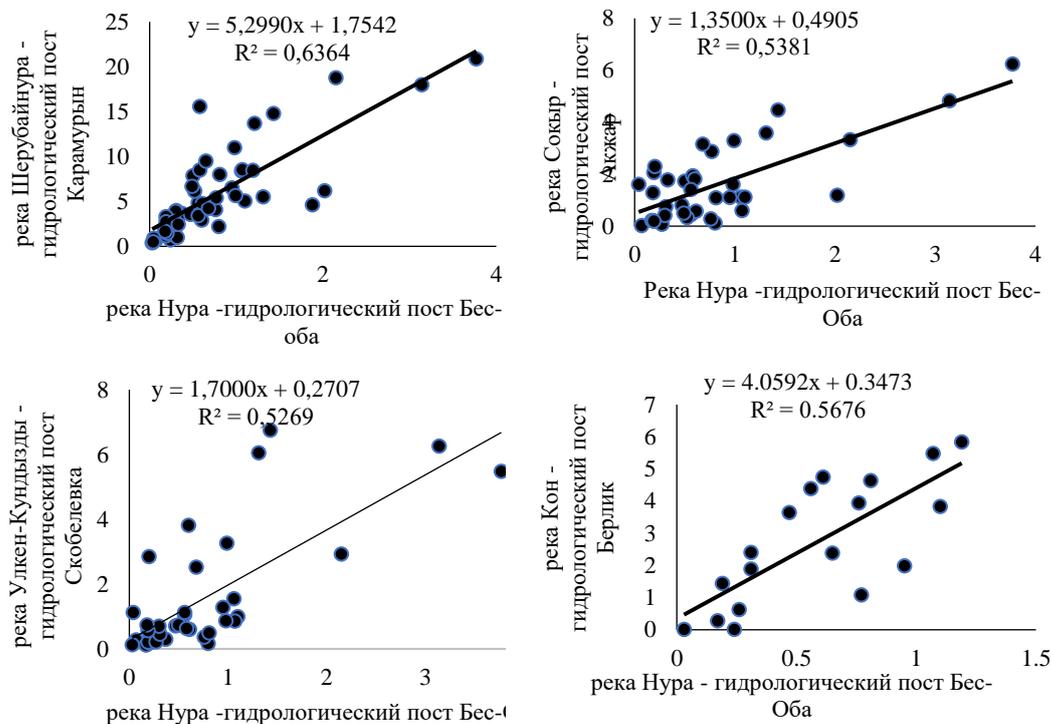


Рисунок 3. График корреляционной связи между среднегодовым расходом воды реки-аналога и реки-пункта по рекам бассейна реки Нура

Сравнение разностно-интегральных кривых среднегодового расхода воды реки бассейна Нура (рисунок 4) показывает, что за более чем 90 - летний период в долговременных изменениях основных фаз водного режима на каждой из рек выделяются длительные фазы повышения и понижения среднегодового расхода воды разной продолжительности. Набор таких фаз по гидрологическим постам в бассейне реки Нура, их последовательность и характер значительно отличаются между собой, так как фаза повышения водности Бес-Оба и Акмешит наблюдается с 1945 по 1994 годы, а затем с 1995 года начинается фаза понижения водности до конца рассматриваемого периода. В гидрологическом посту Шешенкара повышение водности наблюдается с 1945 года по 1975 год, а с 1976 года начинается фаза понижения водности до 2018 года. Характер изменения среднегодового расхода воды в гидрологических постах Балыкты и Р. Кошкарбаева практически мало отличается, так как за рассматриваемый период наблюдается фаза понижения водности, что обусловлено не влияниями климатических факторов, а воздействием антропогенных факторов.

Анализ разностно-интегральных кривых среднегодовых расходов воды рек водосбора бассейна реки Нура показал (рисунок 5), что, несмотря на значительную вариабельность по годам, для всех рек изучаемого региона характерны общие закономерности изменения, так как на реках Шерубайнура, Сокрыр, Акбастау, Улкен-Кундызды и Кон в начале рассматриваемого периода наблюдается ритм пониженной водности от 1932 года до 1944 года, имеющих относительно небольшую длительность (12 лет). На всех рассматриваемых реках водосбора бассейна реки Нура с 1945 года отчетливо выделяется фаза повышения водности с различной продолжительностью. Повышенная водность реки Шерубайнура продолжалась до 1977 года, Сокрыр – до 1952 года, Акбастау – до 1983 года, Улкен-Кундызды – до 1969 года и Кон – до 1967 года.

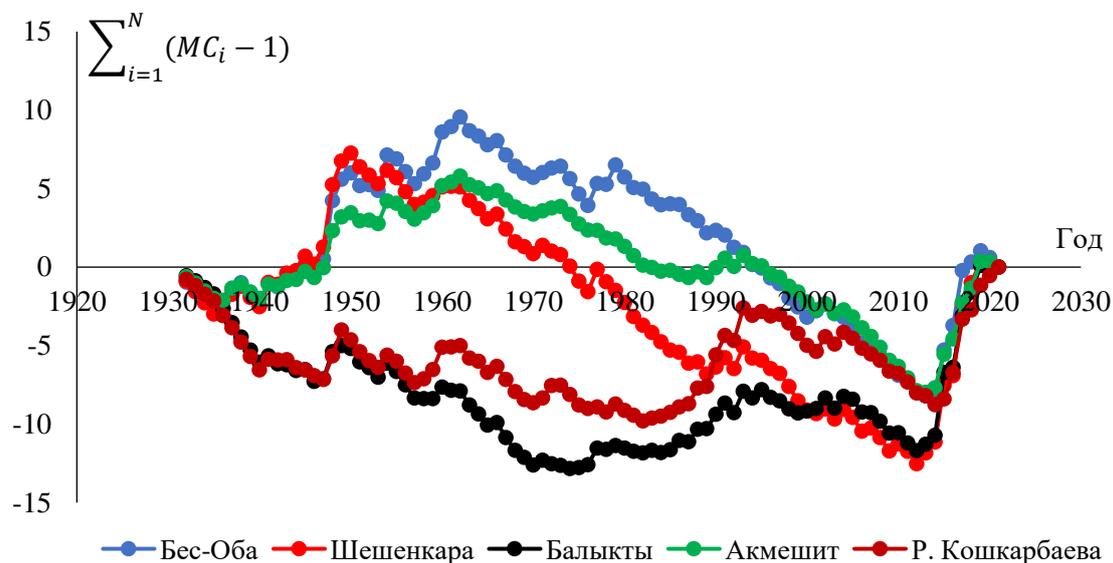


Рисунок 4. Разностно-интегральные кривые среднегодовых расходов воды реки бассейна Нура

При этом в конце рассматриваемого периода наблюдается повышение водности во всех изучаемых реках, продолжительности которых варьируется в достаточно широких пределах до 2018 года, а с 2019 года отмечается фазы повышения среднегодового расхода воды во всех реках бассейна реки Нура.

Результаты анализа совмещенных разностных интегральных кривых среднегодовых расходов воды рек Шерубайнура, Соқыр, Акбастау, Улкен-Кундызды и Кон (рисунок 5), а также реки Нура в пределах гидрологических постов Бес-Оба, Шешенкара и Акмешит (рисунок 4) показывают, что их колебания синхронны, а между гидрологическими постами Балыкты и Р. Кошкарбаева асинхронно, что требует необходимости учитывать их при оценке водообеспеченности населения, территории и объектов экономики, а также территориальной организации водопользования в условиях дефицита водных ресурсов.

Общие закономерности изменения среднегодового расхода воды рек на территории водосбора реки Нура.

При изучении тенденции развития динамических процессов и явлений широко используются кривые роста, представленных в виде математических функций одной переменной во временных аспектах, позволяющих вычисление их статистических характеристик абсолютного роста, темпа прироста и коэффициента прироста [18...20].

Для оценки тенденции изменений среднегодового расхода воды в реках водосбора реки Нура, на основе созданной базы исследования по гидрологическим показателям за период 1932...2021 годы, выполнены статистические расчеты и построены графики линейного тренда (рисунки 6...9).

Анализ графиков, приведенных на рисунках 6...8, показывает, что многолетние колебания среднегодовых расходов воды рек в бассейне реки Нура в пространственных и временных аспектах относятся к разряду сложных природных процессов и им свойственна не только стохастическая составляющая, но и также обладает детерминированной составляющей в виде линейного тренда.

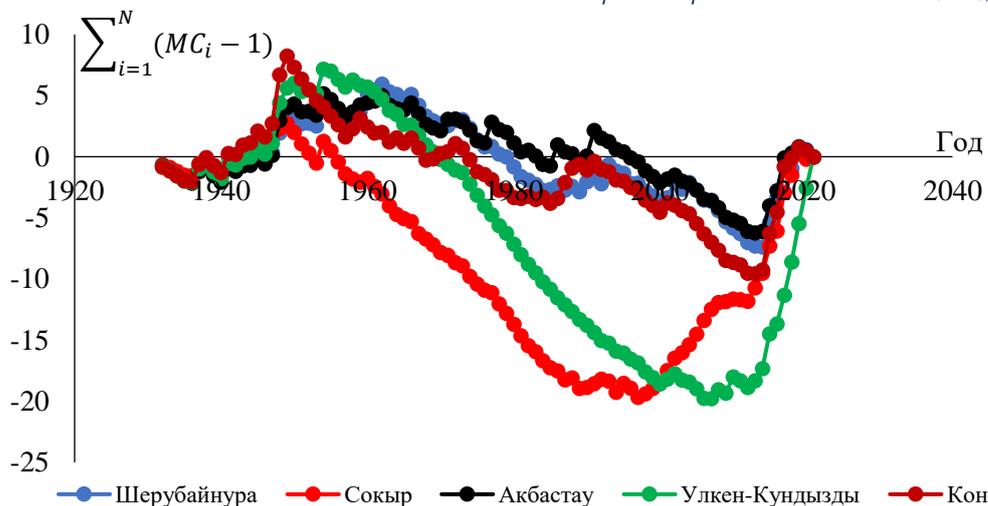


Рисунок 5. Разностно-интегральные кривые среднегодовых расходов воды рек водосбора бассейна реки Нура

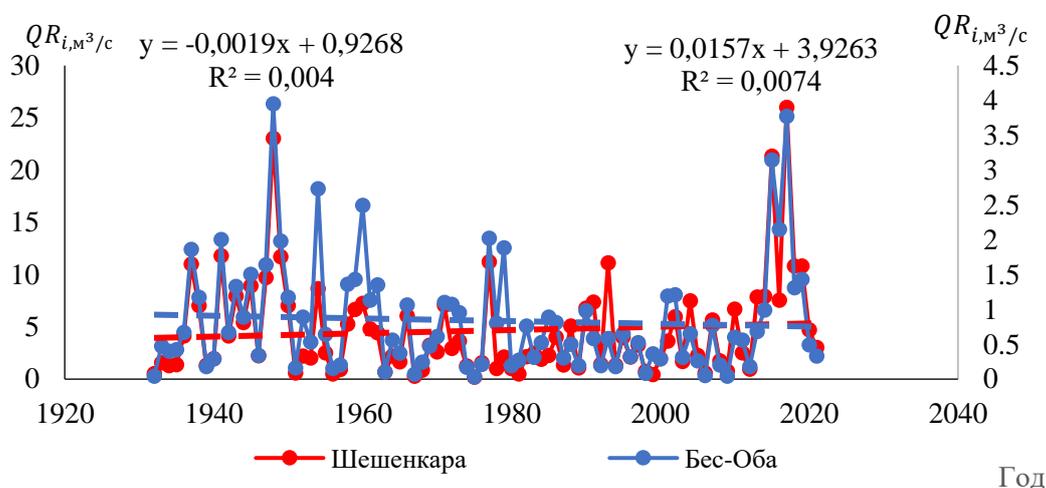


Рисунок 6. График изменения среднегодового расхода воды реки Нура по гидрологическим постам Бес-Оба (1-правая ордината) и Шешенкара (2-левая ордината) за 1932...2021 годы и их линейный тренд

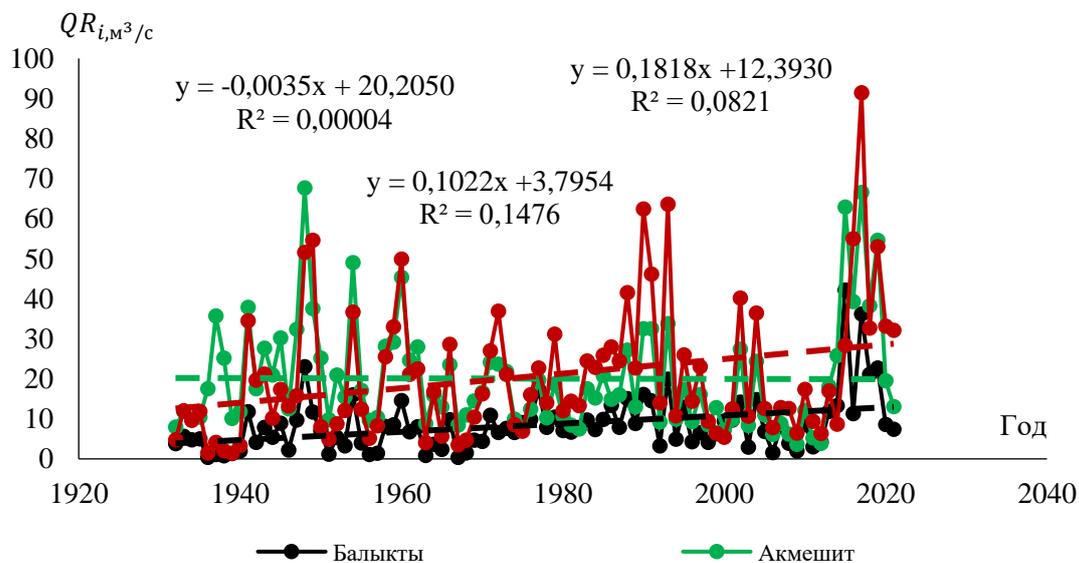


Рисунок 7. График изменения среднегодового расхода воды реки Нура по гидрологическим постам Балыкты, Акмешит и Р. Кошкарбаева за 1932...2021 годы и их линейный тренд

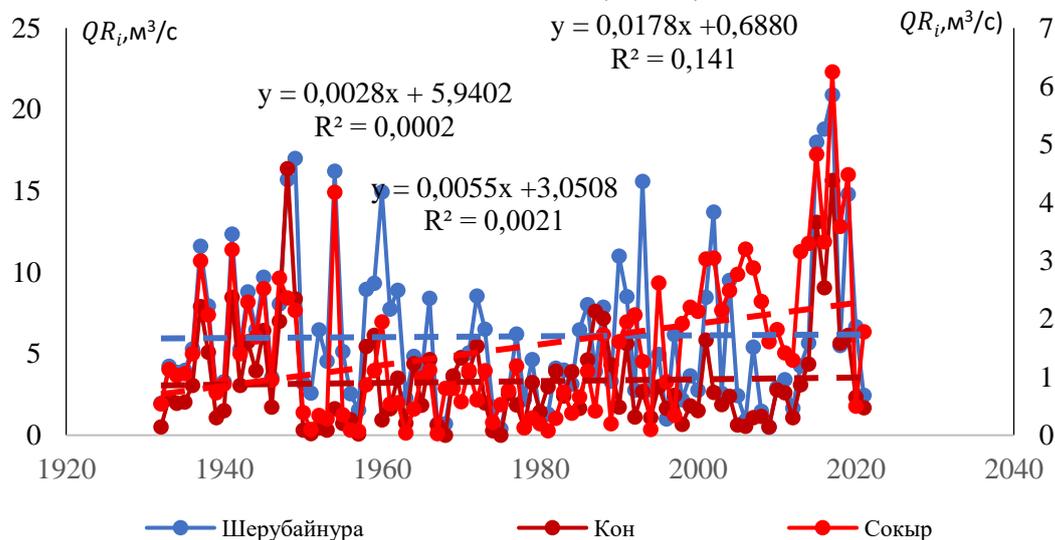


Рисунок 8. График изменения среднегодового расхода воды рек Шерубайнура (1-левая ордината), Соқыр (2- правая ордината) и Кон (3-левая ордината) за 1932...2021 годы и их линейный тренд

Статистически обоснованная оценка тенденции изменения среднегодового расхода воды рек бассейна реки Нура и их функциональные уравнения служат не только научной основой для прогнозирования притока речных вод в отдельных гидрологических постах, а также является математическим инструментарием для определения их абсолютного прироста, темпа прироста и коэффициента прироста, отражающие изменения климатических и физико-географических процессов на водосборной территории речного бассейна, характерное для современного периода (начиная с середины 32-х годов XX века и по настоящее время).

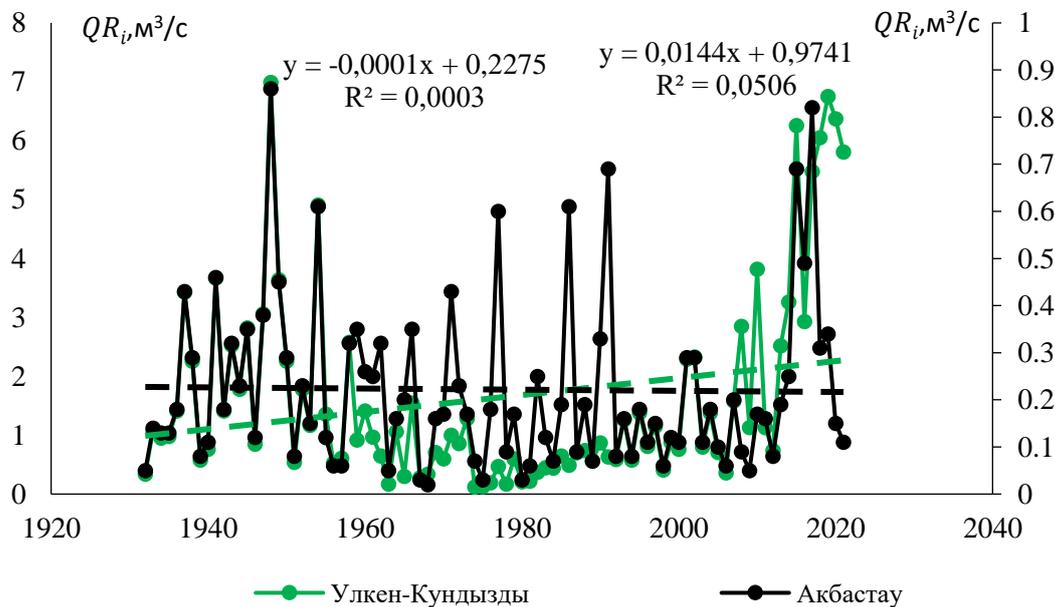


Рисунок 9. График изменения среднегодового расхода воды рек Акбастау (1-правая ордината) и Улкен Кундызды (2-левая ордината) за 1932...2021 годы и их линейный тренд

Анализ динамики многолетних колебаний среднегодового расхода воды рек на территории водосбора бассейна реки Нура показывает, что им свойственна не только стохастическая составляющая, но также они обладают и детерминированной составляющей в виде равнонаправленных (положительных и отрицательных) линейных трендов, способствующих к изменению в небольших диапазонах их статистических параметров за 1932...2021 годы (таблица 3).

Таблица 3

Статистические параметры среднегодового расхода воды рек на территории бассейна реки Нура

Река- пункт	Гидрологическая характеристика рядов среднегодового расхода воды рек за рассматриваемый период, м ³ /с				
	начало	конца	max	min	среднее
Нура -Бес-Оба	0,04	0,33	3,77	0,03	0,84
Нура- Шешенкара	0,51	3,01	21,30	0,48	4,64
Нура - Балькты	3,83	7,44	42,20	0,36	8,44
Нура - Акмешит	7,95	3,10	66,60	3,68	20,05
Нура-Р. Кошкарбаева	4,76	32,10	91,48	2,10	20,67
Шерубайнура- Карамурын	1,97	2,46	20,90	0,40	6,08
Соқыр - Акжар	0,54	1,78	6,25	0,07	1,50
Акбастау - Жанааул	0,05	0,11	0,86	0,02	0,22
Улкен-Кундыз -Скобелевка	0,34	5,81	6,99	0,12	1,63
Кон -Берлик	0,51	1,69	16,38	0,11	3,30

На основе созданной базы исследования по гидрологическим показателям рек на территории водосбора бассейна реки Нура, достаточно длительного ряда наблюдений с продолжительностью 90 лет, получили функциональную гидрологическую модель, базирующуюся на линейном тренде и позволяющую, прежде всего, оценить, как изменяется динамически среднегодовые расходы воды рек за рассматриваемый расчетный период (таблица 4).

Таблица 4

Линейно-корреляционная гидрологическая модель среднегодового расхода воды рек на территории водосбора бассейна реки Нура

Река- пункт	Уравнение регрессии	Индекс детерминации (R_i^2)
Нура -Бес-Оба	$QP_i = -0,0019 \cdot SNY_i + 0,9268$	0,00400
Нура- Шешенкара	$QP_i = 0,0157 \cdot SNY_i + 3,9263$	0,00740
Нура - Балькты	$QP_i = 0,1022 \cdot SNY_i + 3,7954$	0,14760
Нура - Акмешит	$QP_i = -0,0035 \cdot SNY_i + 20,2050$	0,00004
Нура-Р. Кошкарбаева	$QP_i = 0,1818 \cdot SNY_i + 12,3930$	0,08210
Шерубайнура- Карамурын	$QP_i = 0,0028 \cdot SNY_i + 5,9402$	0,00020
Соқыр - Акжар	$QP_i = 0,0178 \cdot SNY_i + 0,6880$	0,14100
Акбастау - Жанааул	$QP_i = -0,0001 \cdot SNY_i + 0,2275$	0,00030
Улкен-Кундыз -Скобелевка	$QP_i = 0,0144 \cdot SNY_i + 0,9741$	0,05060
Кон -Берлик	$QP_i = 0,0055 \cdot SNY_i + 3,0508$	0,03750

Для выявления характера тенденции и интенсивности изменения среднегодового расхода воды рек на территории водосбора бассейна реки Нура на основе временных рядов использованы статистические показатели, как абсолютного прироста, темпа прироста и коэффициента прироста, позволяющих отследить скорость протекания этих процессов и явлений (таблица 5).

Таблица 5

Статистическая оценка тенденции изменения среднегодового расхода воды рек на территории водосбора бассейна реки Нура

Река- пункт	Статистические показатели тенденции изменения во времени среднегодового расхода воды рек (QP_i)		
	$AISI_i$	$AISI_i$	$GRIUS_i$
Нура -Бес-Оба	-0,1691	-0,0019	0,8192
Нура- Шешенкара	1,3973	0,0155	1,3505
Нура - Балькты	9,0958	0,1011	3,3075
Нура - Акмешит	-0,3115	-0,0035	0,9848
Нура - Р. Кошкарбаева	16,1802	0,1798	2,2723
Шерубайнура - Карамурын	0,2492	0,0028	1,0415
Соқыр - Акжар	1,5842	0,0176	3,2193
Акбастау - Жанааул	-0,0089	-0,0001	0,9613
Улкен-Кундыз -Скобелевка	1,2816	0,0142	2,3264
Кон - Берлик	0,4895	0,0054	1,1584

Анализ динамики среднегодового расхода воды бассейна реки Нура в разрезе гидрологических постов и рек показал, что за рассматриваемый период 1932...2021 годы,

тренды их неравнозначно, что может быть связано с их географическим и высотным положением и показателя типа питания:

- тенденция изменения среднегодового расхода воды реки Нура в створе гидрологического поста Бес-Оба, расположенного в зоне формирования стока отрицательная, наблюдается их изменение от 0,04 до 0,33 м³/с, среднеарифметическая – 0,84 м³/с, максимальная – 3,77 м³/с и минимальная -0,03 м³/с, абсолютный прирост составляет – «-» 0,1691 м³/с, темп прироста – «-» 0,0019 м³/с и коэффициент роста – 0,8192 за 90 лет;

- тенденция изменения среднегодового расхода воды реки Нура в створе гидрологического поста села Шешенкара, расположенного в зоне транзита геостока положительная, наблюдается их изменение от 0,51 до 3,01 м³/с, среднеарифметическая – 4,64 м³/с, максимальная – 21,30 м³/с и минимальная -0,48 м³/с, абсолютный прирост составляет – «+» 1,3973 м³/с, темп прироста – «+» 0,0155 м³/с и коэффициент роста –1,3505 за 90 лет;

- тенденция изменения среднегодового расхода воды реки Нура в створе гидрологического поста села Балыкты, расположенного в зоне аккумуляции геостока положительная, наблюдается их изменение от 3,83 до 7,44 м³/с, среднеарифметическая – 8,44 м³/с, максимальная – 42,20 м³/с и минимальная -0,36 м³/с, абсолютный прирост составляет – «+» 9,0958 м³/с, темп прироста – «+» 0,1011 м³/с и коэффициент роста –3,3075 за 90 лет;

- тенденция изменения среднегодового расхода воды реки Нура в створе гидрологического поста село Акмешит, расположенного в зоне рассеивания геостока отрицательная, наблюдается их изменение от 7,95 до 13,10 м³/с, среднеарифметическая – 20,05 м³/с, максимальная – 66,60 м³/с и минимальная -3,68 м³/с, абсолютный прирост составляет – «-» 0,3115 м³/с, темп прироста – «-» 0,0035 м³/с и коэффициент роста –0,9848 за 90 лет;

- тенденция изменения среднегодового расхода воды реки Нура в створе гидрологического поста село Р. Кошкарбаева, расположенного в зоне рассеивания геостока положительная, наблюдается их изменение от 4,76 до 32,10 м³/с, среднеарифметическая – 20,67 м³/с, максимальная – 91,48 м³/с и минимальная -2,10 м³/с, абсолютный прирост составляет – «+» 16,1802 м³/с, темп прироста – «+» 0,1798 м³/с и коэффициент роста – 2,2723 за 90 лет;

- тенденция изменения среднегодового расхода воды реки Шерубайнура в створе гидрологического поста село Карамурын, положительная, наблюдается их изменение от 1,97 до 2,46 м³/с, среднеарифметическая – 6,07 м³/с, максимальная – 20,90 м³/с и минимальная - 0,40 м³/с, абсолютный прирост составляет – «+» 0,2492 м³/с, темп прироста – «+» 0,0028 м³/с и коэффициент роста – 1,0415 за 90 лет;

- тенденция изменения среднегодового расхода воды реки Сокры в створе гидрологического поста село Акжар, положительная, наблюдается их изменение от 0,54 до 1,78 м³/с, среднеарифметическая – 1,50 м³/с, максимальная – 6,25 м³/с и минимальная -0,07 м³/с, абсолютный прирост составляет – «+» 1,5842 м³/с, темп прироста – «+» 0,0176 м³/с и коэффициент роста – 3,2193 за 90 лет;

- тенденция изменения среднегодового расхода воды реки Акбастау в створе гидрологического поста село Жанааул отрицательная, наблюдается их изменение от 0,05 до 0,11 м³/с, среднеарифметическая – 0,22 м³/с, максимальная – 0,86 м³/с и минимальная -0,02 м³/с, абсолютный прирост составляет – «-» 0,0089 м³/с, темп прироста – «-» 0,0001 м³/с и коэффициент роста – 0,9613 за 90 лет;

- тенденция изменения среднегодового расхода воды реки Улкен-Кундыз в створе гидрологического поста село Скобелевка, положительная, наблюдается их изменение от 0,34 до 5,81 м³/с, среднеарифметическая – 1,63 м³/с, максимальная – 6,99 м³/с и минимальная -0,12 м³/с, абсолютный прирост составляет – «+» 1,2816 м³/с, темп прироста – «+» 0,0142 м³/с и коэффициент роста – 2,3264 за 90 лет;

- тенденция изменения среднегодового расхода воды реки Кон в створе гидрологического поста село Берлик, положительная, наблюдается их изменение от 0,51 до 1,69 м³/с, среднеарифметическая – 3,30 м³/с, максимальная – 16,38 м³/с и минимальная -0,11

м³/с, абсолютный прирост составляет – «+» 0,4895 м³/с, темп прироста – «+» 0,0054 м³/с и коэффициент роста – 1,1584 за 90 лет;

Анализ и оценки динамики и закономерностей формирования среднегодового расхода воды рек, а также тенденции и интенсивности их изменения на территории бассейна реки Нура в пространственных и временных аспектах позволили выявить их стокообразующие особенности, зависящих от вида и режима атмосферных осадков низкогорных систем Казахского мелкосопочника.

На основе выполненного исследования, следует отметить, что с увеличением длительности временных гидрологических рядов изучаемых рек в пространственных и временных аспектах созданы необходимые предпосылки для выявления основных закономерностей развития гидрологических процессов, что позволяет получить более надежные и обоснованные прогнозы о будущих гидрологических режимах речных бассейнов.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты, полученные в процессе гидрологического мониторинга по гидрологическими постами Бес-Оба, Шешенкара, Балыкты, Акмешит и Р. Кошкарбаева бассейна реки Нура, а также в реках Шерубайнура, Соқыр, Акбастау, Улкен-Кундыз и Кон, за 1932...2021 годы, позволили на основе цифровой технологии создать базу исследования среднегодового расхода воды и на основе их получить систему линейных уравнений, характеризующих зависимость среднегодовых расходов воды между гидрологическими постами и реками аналога (река Нура - Бес-Оба) и реками-пункта, дала возможность восстановить и увеличить длительность временных гидрологических рядов, которые могут быть использованы для территориального планирования водопользования.

Для исследования циклических многолетних колебаний среднегодового расхода воды рек Нура, Шерубайнура, Соқыр, Акбастау, Улкен-Кундыз и Кон использован метод нормированных разностных интегральных кривых и в результате которых получено статистическое обоснование параметров циклов, обнаруженных в синхронных и асинхронных колебаниях речного стока, которые взаимосвязаны со стокообразующими факторами и свойственны наряду со статистическими среднемноголетними величинами и динамические, являющиеся функциями во времени, которые могут быть использованы для решения насущных производственных вопросов.

Для анализа и оценки особенностей формирования гидрологических процессов, на основе созданной базы исследований, базирующихся на временных рядах среднегодового расхода воды рек бассейна реки Нура за 1932...2021 годы, в рамках использования метода тенденции, путем экстраполяции его уравнения связи, характеризующих закон эволюции гидрологического процесса во времени, получены функциональные уравнения, в виде равнонаправленных (положительных и отрицательных) линейных трендов, являющихся математическим инструментарием для определения их абсолютного прироста, темпа прироста и коэффициента прироста, что позволяют анализировать и прогнозировать динамику водных ресурсов на современном этапе, и прогнозировать на будущее в процессе изменения климата и антропогенной деятельности.

ВКЛАД АВТОРОВ

Концептуализация – ЖСМ, АТК; управление данными- ЖСМ; формальный анализ – УШ, КБА, НАТ; методология - ЖСМ, АТК; программное обеспечение -ЖСМ, АТК; руководство -ЖСМ; визуализация -АТК, КБА, НАТ; написание исходного текста – АТК, КБА, НАТ; написание и редактирование окончательного текста- АТК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Махмудова Л.К. Оценка водных ресурсов рек Центрального Казахстана: диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. - Алматы, 2010. – 123 с.
- 2 Масимбаева М., Макарова М.Г. Динамика годового стока рек Центрального Казахстана (на примере реки Есиль и Нура) // Сборник статей «Геология, геоэкология, эволюционная география». – Москва: РГПУ им А.И. Герцина. – 2014. - том XII/- С. 165-168.
- 3 Абдрахимов Р.Г., Елтай А.Г. Характеристика годового и максимального стока реки Нура // Гидрометеорология и экология. – 2016.- №1. – С. 80-86.

- 4 Абдрахимов Р.Г., Елтай А.Г. Минимальный сток реки Нура // Вестник КазНУ, серия географическая. – 2016.- №1(423). - С. 64 - 68.
- 5 Ащанова Р.К. Определение нормы и изменчивости стока рек бассейна Нура // Гидрометеорология и экология. – 2017.- №2. – С. 79-89.
- 6 Куржынова Ж., Ахмадинова С.Н. Анализ гидрологического и гидрохимического режимов реки Нура // Наука среди нас. – 2018. - №7 (11). - С. 32-38.
- 7 Пшенчинова А.С., Кристиан Опп, Джусупбеков Д.К. Определение характеристик стока весеннего половодья при отсутствии данных наблюдений // Вестник КазНУ, Серия географическая. – 2019.- №3(54).- С. 42-48.
- 8 Акиянова Ф. Ж., Зинабдин Н. Б., Мусагалиева Ж. Е., Каракулов Е. М. Муздыбаев М. А. Устойчивое использование водных ресурсов в междуречье Нура-Есиль (Казахстан) для развития сельских районов // Труды университета. – 2024. - №2 (95). – С. 89-94.
- 9 Ресурсы поверхностных вод СССР, Центральный и Южный Казахстан (том13), Карагандинская область (выпуск 1). - Ленинград: Гидрометеиздат, 1966. - 482 с.
- 10 Государственный водный кадастр, Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод, Республики Казахстан (том V), Бассейны рек озера Балхаш и бессточных районов Центрального Казахстана (выпуск 4) (1936-1987). - Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1938-1989. – 258 с.
- 11 Государственный водный кадастр, Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод, Республики Казахстан (том V), Бассейны рек озера Балхаш и бессточных районов Центрального Казахстана (выпуск 4) (1988-2000). - Алматы, 1989-2002. – 258 с.
- 12 Государственный водный кадастр Республики Казахстан, Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод реки и каналы (часть1), Бассейны рек Нура и Сарысу (выпуск 8). - Алматы, 2003-2023.- 63 с.
- 13 Баженова Л.В. Оценка гидрологического мониторинга и восстановление стока рек методом парной корреляции // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2018. - № 3.- С. 134-140.
- 14 Буренина Т. А., Прысов Д. А., Федотова Е. В. Влияние климатических и антропогенных факторов на гидрологический режим рек юга Красноярского края // Сибирский лесной журнал. – 2018. - №2.- С. 48-60.
- 15 Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Абдешев К.Б., Турсынбаев Н.А. Гидрологический профиль реки на водосборной территории бассейна Асса-Талас с учетом техноприродных процессов // Вестник Карагандинского университета. Серия «Биология. Медицина. География». – 2023.- № 2(110). – С. 174-188.
- 16 Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик / А. В. Рождественский, А. Г. Лобанов (ред.). Л.: Гидрометеиздат, 1984. - 447 с.
- 17 Владимирова А. М. Гидрологические расчеты: учебн. для вузов по спец. «Гидрология суши». - Л.: Гидрометеиздат, 1990. - 364 с.
- 18 Исмайылова И.Г., Исмайылов Г.Х., Раткович Л.Д., Муращенкова Н.В., Перминов А.В. Анализ и прогноз речных вод в зоне формирования стока реки Волги методом тенденций // Природообустройство. – 2022. – № 2. – С. 69-78.
- 19 Васильева Д. Ю., Водопьянова В. В., Закирянова Ш. И., Кенжебаева А. Ж., Семенов В. А., Сивохип Ж. Т. Корреляционные связи многолетних колебаний месячного и годового стока в бассейне реки Урал // Известия РАН. Серия географическая. – 2020.- Т. 84. - № 3. - С. 414-426.
- 20 Жуков И.А., Айбулатов Д.Н. Тенденции изменений водного режима малых рек бассейна Волги за период инструментальных наблюдений // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2024. - Т. 79. - № 6.- С. 81-90.

REFERENCES

1. Makhmudova L.K. Ocenka vodnyh resursov rek Central'nogo Kazahstana [Assessment of water resources of rivers in Central Kazakhstan]: dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata geograficheskikh nauk, Almaty, 2010, 123 p. [in Russian]
2. Masimbaeva M., Makarova M.G. Dinamika godovogo stoka rek Central'nogo Kazahstana (na primere reki Esil' i Nura) [Dynamics of the annual runoff of the rivers of Central Kazakhstan (on the example of the Yesil and Nura rivers)]. Sbornik statej «Geologija, geojekologija, jevoljucionnaja geografija», Moskva: RGPU im A.I. Gercina, 2014, Vol. XII, pp. 165-168. [in Russian]
3. Abdрахимов R.G., Yeltay A.G. Harakteristika godovogo i maksimal'nogo stoka reki Nura [Characteristics of the annual and maximum runoff of the Nura River]. Gidrometeorologija i jekologija, 2016, No.1, pp. 80-86. [in Russian]
4. Abdрахимов R.G., Yeltay A.G. Minimal'nyj stok reki Nura [Minimum flow of the Nura River]. Vestnik KazNU, serija geograficheskaja, 2016. No.1 (423), pp. 64 - 68. [in Russian]
5. Ashchanova R.K. Opredelenie normy i izmenchivosti stoka rek bassejna Nura [Determination of the norm and variability of the flow of rivers in the Nura basin], Gidrometeorologija i jekologija, 2017. No. 2, pp. 79-89. [in Russian]
6. Kurzhynova Zh., Akhmadinova S.N. Analiz gidrologicheskogo i gidrohimicheskogo rezhimov reki Nura [Analysis of the hydrological and hydrochemical regimes of the Nura River]. Nauka sredi nas, 2018, No. 7 (11), pp. 32-38. [in Russian]
7. Pshenchinova A.S., Christian Opp, Dzhusupbekov D.K. Opredelenie harakteristik stoka vesennego polovod'ja pri otsutstvii dannyh nabljudenij [Determination of the characteristics of the spring flood runoff in the absence of observation data]. Vestnik KazNU, Serija geograficheskaja, 2019, No. 3(54), pp. 42-48. [in Russian]
8. Akiyanova F. Zh., Zinabdin N. B., Musagalieva Zh. E., Karakulov E. M. Muzdybaev M. A. Ustojchivoe ispol'zovanie vodnyh resursov v mezhdurech'e Nura-Esil' (Kazahstan) dlja razvitija sel'skih rajonov [Sustainable use of water resources in the Nura-Yesil interfluv (Kazakhstan) for the development of rural areas]. Trudy universiteta, 2024, No. 2 (95), pp. 89-94. [in Russian]
9. Resursy poverhnostnyh vod SSSR, Central'nyj i Juzhnyj Kazahstan (tom13), Karagandinskaja oblast' (vypusk 1) [Surface water resources of the USSR, Central and Southern Kazakhstan (volume 13), Karaganda region (issue 1)]. Leningrad: Gidrometeizdat, 1966, 482 p. [in Russian]
10. Gosudarstvennyj vodnyj kadastr, Ezhegodnye dannye o rezhime i resursah poverhnostnyh vod, Respubliki Kazahstan (tom V), Bassejny rek ozera Balhash i besstochnyh rajonov Central'nogo Kazahstana (vypusk 4) [State water cadastre, Annual data on the regime and resources of surface waters, Republic of Kazakhstan (volume V), River basins of Lake Balkhash and endorheic areas of Central Kazakhstan (issue 4)] (1936-1987). Obninsk: VNIIGMI-MCD, 1938-1989, 258 p. [in Russian]
11. Gosudarstvennyj vodnyj kadastr, Ezhegodnye dannye o rezhime i resursah poverhnostnyh vod, Respubliki Kazahstan (tom V), Bassejny rek ozera Balhash i besstochnyh rajonov Central'nogo Kazahstana (vypusk 4) [State Water Cadastre, Annual data on the regime and resources of surface waters, Republic of Kazakhstan (volume V), River basins of Lake Balkhash and endorheic regions of Central Kazakhstan (issue 4)] (1988-2000). Almaty, 1989-2002, 258 p. [in Russian]
12. Gosudarstvennyj vodnyj kadastr Respubliki Kazahstan, Ezhegodnye dannye o rezhime i resursah poverhnostnyh vod reki i kanaly (chast'1), Bassejny rek Nura i Sarysu (vypusk 8) [State Water Cadastre of the Republic of Kazakhstan, Annual data on the regime and

- resources of surface waters of rivers and canals (part 1), River basins of the Nura and Sarysu (issue 8)]. *Almaty, 2003-2023*, 63 p. [in Russian]
13. Bazhenova L.V. Ocenka gidrologicheskogo monitoringa i vosstanovlenie stoka rek metodom parnoj korrelyacii [Assessment of hydrological monitoring and restoration of river runoff by the pair correlation method]. *Nauka, novye tehnologii i innovacii Kyrgyzstana*, 2018, No. 3, pp. 134-140. [in Russian]
 14. Burenina T.A., Prysov D.A., Fedotova E.V. Vliyanie klimaticheskikh i antropogennykh faktorov na gidrologicheskij rezhim rek juga Krasnojarskogo kraja [Influence of climatic and anthropogenic factors on the hydrological regime of rivers in the south of Krasnoyarsk Krai]. *Sibirskij lesnoj zhurnal*, 2018, No. 2, pp. 48-60. [in Russian]
 15. Mustafayev Zh.S., Kozykeyeva A.T., Abdeshev K.B., Tursynbayev N.A. Gidrologicheskij profil' reki na vodosbornoj territorii bassejna Assa-Talas s uchetom tehnoprirodnih processov [Hydrological profile of the river in the catchment area of the Assa-Talas basin taking into account technonatural processes]. *Vestnik Karagandinskogo universiteta. Seriya «Biologija. Medicina. Geografija»*, 2023, No. 2 (110), pp. 174-188. [in Russian]
 16. Posobie po opredeleniju raschetnykh gidrologicheskikh harakteristik [Manual for determining the calculated hydrological characteristics] / A. V. Rozhdestvensky, A. G. Lobanov (eds.). L.: Gidrometeoizdat, 1984, 447 p. [in Russian]
 17. Vladimirov A. M. Gidrologicheskie raschety: uchebn. dlja vuzov po spec. «Gidrologija sushi» [Hydrological calculations: textbook for universities in the specialty «Hydrology of land»]. L.: Gidrometeoizdat, 1990, 364 p. [in Russian]
 18. Ismayilova I.G., Ismayilov G.Kh., Ratkovich L.D., Murashchenkova N.V., Perminov A.V. Analiz i prognoz rechnyh vod v zone formirovaniya stoka reki Volgi metodom tendencij [Analysis and forecast of river waters in the zone of formation of the Volga River runoff by the trend method]. *Prirodoobustrojstvo*, 2022, No. 2, pp. 69-78. [in Russian]
 19. Vasilyeva D. Yu., Vodopyanova V. V., Zakirzyanova Sh. I., Kenzhebaeva A. Zh., Semenov V. A., Sivokhip Zh. T. Korrelyacionnye svyazi mnogoletnih kolebanij mesjachnogo i godovogo stoka v bassejne reki Ural [Correlation links between long-term fluctuations in monthly and annual runoff in the Ural River basin]. *Izvestija RAN. Seriya geograficheskaja*, 2020, Vol. 84., No. 3, pp. 414-426. [in Russian]
 20. Zhukov I. A., Aibulatov D. N. Tendencii izmenenij vodnogo rezhima malyh rek bassejna Volgi za period instrumental'nyh nabljudenij [Trends in changes in the water regime of small rivers of the Volga basin over the period of instrumental observations]. *estnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografija*, 2024, Vol. 79, No. 6, pp. 81-90. [in Russian]

НҰРА ӨЗЕНІНІҢ СУ ЖИНАУ АЛАБЫНДАҒЫ ӨЗЕНДЕРДІҢ ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ РЕЖИМІНІҢ ӨЗГЕРУ БАҒЫТЫН ТАЛДАУ ЖӘНЕ БАҒАЛАУ

Жумахан С. Мустафаев^{1*} т.ғ.д, Алия Т. Козыкеева² т.ғ.д., Унзила Шугайып², Куаныш Б. Абдешев³ PhD, Нуржан А. Турсынбаев⁴ PhD

¹ «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан; z-mustafa@rambler.ru (ЖСМ)

² Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан; aliya270863@gmail.com (АТК), unzila8282@mail.ru (УШ)

³ М. Әуезов атындағы Оңтүстік-Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент, Қазақстан; abdeshev.kuanysb@mail.ru (КБА)

⁴ Л.Н. Гумилев атындағы Евразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан; nurANT_78@mail.ru (НАТ)

Автор корреспондені: Жумахан С. Мустафаев, z-mustafa@rambler.ru

ТҮЙІН СӨЗДЕР

орташа жылдық су ағыны
өзен
өзгеру бағыты
сызықтық тренд
бағалау
талдау

Мақала жайында:

Жіберілді: 27.10.2024
Қайта қаралды: 19.02.2025
Қабылданды: 20.02.2025
Жарияланды: 01.04.2025

АБСТРАКТ

Нұра өзенінің су жинау алабындағы өзендер суының орташа жылдық ағынының кеңістіктік және уақыттық өзгермелілігін зерттеу үшін, салыстырмалы түрде қарағанда, оның алабының 58100 км² ауданына біркелкі орналасқан Бес-Оба, Шешенқара, Балықты, Ақмешіт және Р. Қошқарбаев гидрологиялық бекеттерінің, сонымен қатар Шерубайнұра, Соқыр Ақбастау, Үлкен-Құндызды және Қон өзендерінің көпжылдық 1932...2021 жылдар аралығындағы мәліметтері пайдаланылды. Нұра өзенінің су жинау алабындағы гидрологиялық процесстердің динамикасы көрсеткендей, оның орташа жылдық су ағынының тербелісі стохастикалық және детерминирленген (сызықтық тренд түрінде) құрамдас бөліктерді камтиды.

Өзендердің орташа жылдық су ағынының ұзақ мерзімдегі тербелістерінің (фаза, амплитуда, синхрондығы) циклдік құрылымының көршеткіштерін статистикалық сенімді бағалау болатыны дәлелденген. Суы мол жылдардың суы аз жылдармен алмасуы, ұзақ мерзімді аралығында су ағынының тербелісінің даму фазаларын сипаттайтын, қарқындылығы әртүрлі динамикалық орташа мәнге ие, уақытқа байланысты функциялармен өрнектелетіні көрсетілген. Бұл жағдай орташа жылдық су ағынын болжаудың ғылыми негізі болып табылады.

ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE TREND OF CHANGES IN THE HYDROLOGICAL REGIME OF RIVERS IN THE WATER CATCHMENT OF THE NURA RIVER BASIN

Zhumakhan Mustafayev^{1*} doctor of technical sciences, Aliya Kozykeyeva² doctor of technical sciences, Unzila Shugayyp², Kuanysh Abdeshev³ PhD, Nurzhan Tursynbaev⁴ PhD

¹ «Institute of Geography and Water Security», Almaty, Kazakhstan; z-mustafa@rambler.ru

² Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan; aliya270863@gmail.com, unzila8282@mail.ru

³ South Kazakhstan State University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan; abdeshev.kuanysh@mail.ru

⁴ L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; nurANT_78@mail.ru

Corresponding author: Zhumakhan Mustafayev, z-mustafa@rambler.ru

KEY WORDS

mean annual river discharge
river
trend
tendency
linear trend
estimation
analyses

About article:

Received: 27.10.2024

Revised: 19.02.2025

Accepted: 20.02.2025

Published: 01.04.2025

ABSTRACT

To study the spatial and temporal variability of the mean annual river discharge within the Nura River basin, long-term hydrological data from the monitoring stations Bes-Oba, Sheshenkara, Balykty, Akmeshit, and R. Koshkarbayev, as well as from the rivers Sherubainura, Sokyr, Akbastau, Ulken-Kundyzdy, and Kon, were utilized. These stations are relatively evenly distributed across the basin, covering an area of 58,100 km², with observation periods spanning from 1932 to 2021. The analysis of hydrological process dynamics within the Nura River basin watershed reveals that long-term fluctuations in mean annual river discharge comprise both stochastic and deterministic components, the latter represented by a linear trend.

Statistically significant estimates of the parameters characterizing the cyclic structure of long-term fluctuations in mean annual river discharge (phase, amplitude, and synchronicity) were obtained. It has been demonstrated that the alternation of high-water and low-water years, associated with the phases of long-term discharge fluctuation development, can be represented as time-dependent functions exhibiting dynamic means with varying intensities. This phenomenon may serve as a scientific basis for river discharge forecasting.

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