

indicators in a region, in a particular country and in transboundary basins covering several countries, it is important to select methodologies.

The article deals with issues and makes an overview of the definition of ecological flow. A review of the methodology for rationing the ecological flow has been carried out. A general calculation algorithm for different runoff availability is given. The values of the ecological flow and the volume of the maximum allowable withdrawal of river flow of various availability for the outflow ranges of the Syrdariya, Arys and Keles rivers were obtained.

**Key words:** ecological flow, release, river ecosystem, allowable withdrawal of river runoff, irretrievable withdrawal of river runoff, methodology, regulation of ecological release

МРНТИ 87.35.02

DOI <https://doi.org/10.37884/3-2023/28>

*А.К. Мусина<sup>1</sup>, К.Т. Нарбаева<sup>1\*</sup>, А.Н. Акжаркынова<sup>1</sup>, М.Е.Кенесова<sup>2</sup>, Ж.О.Бексултанова<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан, [mussina.aynur@gmail.com](mailto:mussina.aynur@gmail.com), [narbayeva.kn@gmail.com](mailto:narbayeva.kn@gmail.com)\*, [akzharkynova@gmail.com](mailto:akzharkynova@gmail.com), [zhansaya.beksultanova@mail.ru](mailto:zhansaya.beksultanova@mail.ru)*

*<sup>2</sup>ТОО «КазГИДРО», г. Алматы, Казахстан, [madinakenesova@gmail.com](mailto:madinakenesova@gmail.com)*

## ОЦЕНКА КОЛЕБАНИЙ СТОКА Р. ОЙЫЛ В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ КЛИМАТА

### *Аннотация*

В данной статье рассмотрены вопросы изменения речного стока бассейна р. Ойыл, вызванные нестационарностью климатических и антропогенных условий. Для оценки гидрометеорологических характеристик изучаемого бассейна использовались данные из опубликованных источников, а также в интернет-источниках о расходах воды и метеопараметров изучаемого района. С использованием известных статистических методов обработки проанализированы гидрометеорологические характеристики речного стока, построены графики и гистограммы, которые в свою очередь показывают изменение и колебание осадков, температуры воздуха и речного стока. Для оценки изменения речного стока были собраны и проанализированы гидрологические ряды гидрометрических створов бассейна р. Ойыл за период с 1940 по 2019 гг. Изменения речного стока в исследуемом бассейне определены для двух периодов: естественного и нарушенного. Для каждого периода выявлены вероятностные значения характеристик стока различной обеспеченности на основе построения кривых распределений. Изменения годового стока в среднем составляют от 1,5 (р. Ойыл – пос. Ойыл) до 27 % (р.Ойыл-Алтыкарасу, р.Ойыл-Тайсоган) в сторону уменьшения. По створам Талтогай, Алтыкарасу и Тайсойган результаты кривых обеспеченности в области больших расходов воды показывают значительное уменьшение стока от 35 % до 45 %, тогда как в области низких расходов наблюдаются увеличение стока порядка 250-300 %, т.е. сток воды во время весеннего половодья уменьшился, а в меженный период - увеличился.

**Ключевые слова:** *годовой сток, норма стока, температура воздуха, атмосферные осадки, изменение климата, базовый период, среднегодовые расходы, речной сток.*

### **Введение**

В настоящее время учеными всего мира все больше рассматриваются вопросы об изменении климата и влияния его на речную экосистему в целом. На формирование речного стока определяющее влияние оказывают метеорологические показатели, такие как температура воздуха, атмосферные осадки и снежный покров. Для оценки гидрологических

характеристик речного стока основным показателем является средний многолетний расход воды или норма стока [4-7].

Расчет и анализ гидрологических характеристик и учет значимости происходящих изменений речного стока в условиях меняющегося климата необходимы для планирования и реализации водохозяйственных мероприятий, прогноза опасных гидрологических явлений, проектирования и строительства гидротехнических сооружений в бассейне исследуемой реки.

Таким образом, целью данной работы является изучение и выявление современной динамики изменения основных характеристик речного стока бассейна реки Ойыл.

Исследуемый район относится к районам недостаточного увлажнения, характеризующимся малым количеством осадков и большими величинами испарения. В этой связи согласно [8] бассейн реки Ойыл относится к внутреннему бессточному бассейну.

Последствия изменений климата, которые оказывают влияние на состояние водных ресурсов, сельского хозяйства, условий жизни и здоровья населения наблюдаются и в бассейне р. Ойыл. Ответные меры наряду с водосберегающими методами и технологиями должны включать восстановление пастбищ, устойчивые методы выпаса и высадка засухоустойчивых сортов деревьев для борьбы с опустыниванием. На сток рек бассейна р. Ойыл также влияет антропогенный фактор, который связан с построением гидротехнических сооружений для водохозяйственных целей, которое включает орошение, забор воды на сельскохозяйственные нужды, водоснабжение населения и сельскохозяйственного производства. Сток рек исследуемого бассейна в основном формируется за счет зимних осадков. Основная доля годового стока приходится на весенний период (от 83 до 92 %) [9,10]

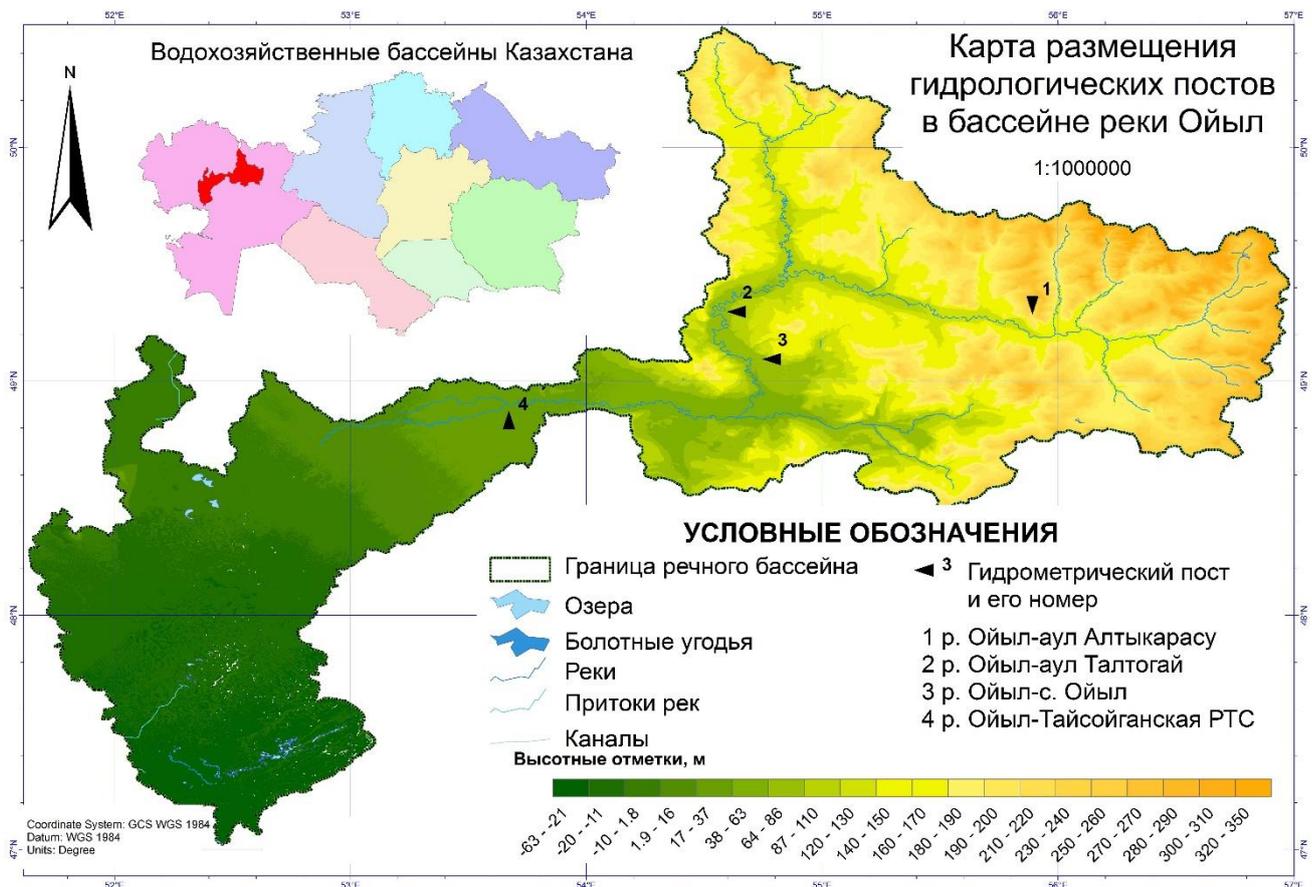


Рисунок 1 – Географическое расположение бассейна реки Ойыл

Посредством данных наблюдений на гидрологических постах, расположенных в бассейне реки Ойыл был проведен анализ многолетнего изменения расходов воды, которые определяют

водный режим реки. Данные по гидрологическим постам, по которым был произведен анализ изменения стока приведены в табл. 1.

**Таблица 1 - Гидрологические посты в бассейне р. Ойыл**

№	Река-пункт	Водосбор		Период наблюдений	Количество лет наблюдений	Река-аналог
		F, км <sup>2</sup>	Нср., м			
1	р. Ойыл - аул Талтогай	17000	200	15.06.1936-1980 гг.	45	р. Елек – г. Актобе
2	р. Ойыл - аул Алты-Карасу	7030	230	09.07.1941-1998 гг.	58	р. Елек – г. Актобе
3	р. Ойыл - Тайсойганская РТС	25800/1100	170	25.08.1958-1968 гг.	11	р. Елек – г. Актобе
4	р. Ойыл - с. Ойыл	17100		01.07.1983-действ.	37	р. Ойыл – аул Талтогай

В бассейне реки Ойыл отсутствуют регулярно действующие пункты с длинными рядами наблюдений. В бассейне функционировали 4 створа: р. Ойыл - аул Талтогай (15.06.1936-1980 гг.), р. Ойыл - аул Алты-Карасу (09.07.1941-1998 гг.), р. Ойыл - Тайсойганская РТС (25.08.1958-1968 гг.), на сегодняшний день из них действует только 1: р. Ойыл - с. Ойыл (01.07.1983-действ.).

В наблюдениях за стоковыми характеристиками на принятых к расчетам гидрометрических постах имеются пропуски наблюдений. Для восстановления пропусков и для расчета многолетних средних значений расходов воды использован метод аналогии. Корреляционная зависимость между расходами воды исследуемой реки и реки-аналога определялась с соблюдением требований об отсутствии антропогенных факторов, которые искажают естественный режим реки. Составление уравнения регрессии с учётом степени нарушенности естественного режима реки позволило получить более тесную зависимость стока изучаемой реки от стока реки-аналога [11, с.24; 12, с. 7].

#### **Методы и материалы**

В соответствии с рекомендациями Руководства по климатологической практике (ВМО, 2011) нормы или средние значения за месяц следует рассчитывать, когда имеются данные по годам, составляющим по меньшей мере 80 % периода осреднения, например из 30 лет для расчета климатологических стандартных норм или опорных норм не менее 24 года. В этом документе также рекомендуется не рассчитывать нормы, если имеются пропуски более 3 годовых значений. Автокорреляция месячных значений с годичным интервалом обычно незначительна, а требование обеспечить наличие не менее 80 % данных по годам ограничивает влияние отсутствующих данных в начале или в конце периода осреднения для элементов, представляющих постоянную тенденцию [13, с.15].

Основными климатическими характеристиками являются атмосферные осадки и температура воздуха. Знания тенденций их изменений позволяют проводить оптимальную оперативную работу и уменьшить убытки, связанные с опасными перепадами значений температур и осадков, а в некоторых случаях иметь экономические выгоды для отдельных районов.

Под «нормой» согласно ВМО понимается среднемноголетнее значение рассматриваемого климатического показателя за период 1991-2020 гг. Аномалии температуры рассчитываются как отклонения наблюденного значения от значения нормы. Аномалии количества осадков принято рассматривать как в отклонениях от нормы (аналогично температуре воздуха), так и в процентах от нормы. Вероятность непревышения характеризует частоту (в %) появления соответствующего значения аномалии в ряду наблюдений.

Изменения характеристик климата за определенный интервал времени оценивались с использованием коэффициентов линейных трендов, определяемых по методу наименьших квадратов. Мерой существенности тренда принимался коэффициент детерминации (R<sup>2</sup>),

характеризующий вклад трендовой составляющей в полную дисперсию климатической переменной за рассматриваемый период времени (в процентах) [13, с. 22].

Статический ряд гидрологических наблюдений в конкретном створе реки или пункте наблюдений являются частью генеральной совокупности данных. Поэтому необходимо оценить, насколько имеющийся ряд или выбранный для расчета период (расчетный период) отражает характерную закономерность изменения стока во времени на исследуемой территории, т.е. насколько предполагаемый для расчета ряд гидрологических наблюдений репрезентативен [12, с. 13].

Репрезентативность гидрологических данных определяется по средней квадратической погрешности среднего значения ряда, которая отражает, насколько значительно отличается данное среднее значение от нормы стока. Таким образом, репрезентативность гидрологических данных зависит от нескольких факторов, включая продолжительность периода наблюдений, коэффициент изменчивости и коррелированности ряда. Важным фактором является то, насколько полно имеющийся ряд наблюдений охватывает наиболее высокие и низкие значения стока, а также полные циклы водности, характерные для данной территории.

Наиболее распространенным способом установления циклов, содержащих самые многоводные и маловодные группы лет является построение разностной интегральной кривой стока [11, с. 35; 12, с.84].

#### ***Результаты и их обсуждение***

В результате анализа разностных интегральных кривых стока по исследуемому бассейну за расчетный период был выбран 1940-2019 гг [15, с.43; 16, с.23].

Для приведения рядов наблюдений к многолетнему периоду в качестве реки-аналога приняты р. Елек - г.Актобе, р. Ойыл – аул Талтогай. Годовой сток р.Елек до 1976 г. и р. Ойыл до 1963 слабо подвержен влиянию антропогенных факторов. Гидрологический режим этих рек можно считать близко к естественному.

По уравнению регрессии ряды годового стока восстановлены по 4 пунктам наблюдений исследуемого бассейна.

По восстановленным рядам построены разностные и суммарные интегральные кривые (рис.1), по которым было выявлено, что уменьшение годового стока наблюдается с 1981-1985 гг.

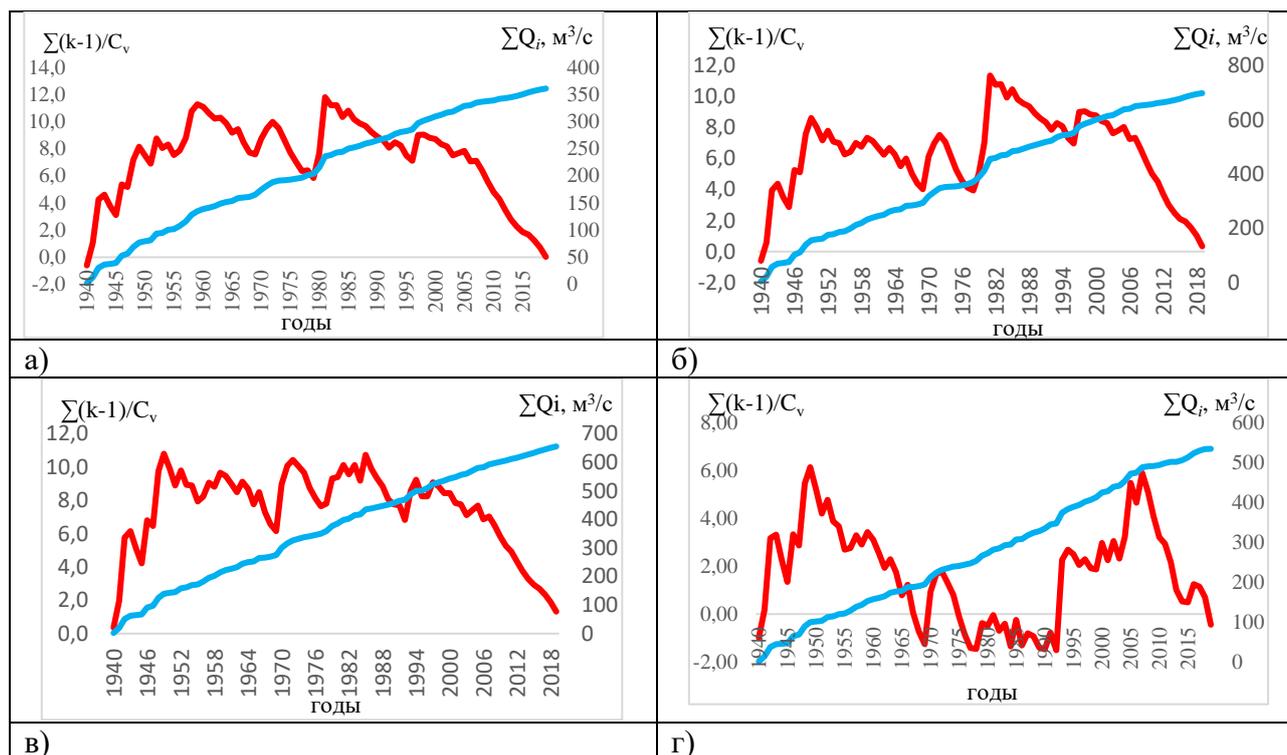
Анализ графиков, приведенных на рис. 2 показал, что ряды годового стока можно разбить на две квазиоднородные совокупности с переломной точкой по створам р. Ойыл - аул Алты-Карасу и р. Ойыл - Тайсойганская РТС, р. Ойыл - с. Ойыл в 1981 году, а по створу р. Ойыл - аул Талтогай в 1985 г.

По бассейну р. Ойыл колебания годового стока имеют резко выраженный характер. Значения коэффициентов вариации за расчетный период (1940-2019 гг.) составило 0,75-0,92, 1940-1981 гг. – 0,80-0,97, 1982-2019 гг. – 0,56-0,82.

Хозяйственная деятельность оказывает влияние на сток рек и может привести к нарушению однородности гидрологических рядов наблюдений. Для оценки однородности рядов используются генетический и статистический анализы. Генетический анализ помогает выявить физические причины, которые могут привести к неоднородности исходных данных. Для количественной оценки статистической однородности применяют различные критерии, например критерии Смирнова-Граббса и Диксона для экстремальных значений в эмпирическом распределении, критерий Фишера для выборочных дисперсий и критерий Стьюдента для выборочных средних.

Если статистический анализ показывает неоднородность ряда наблюдений по критериям Стьюдента или Фишера (или по одному из них), то можно предположить, что это может быть связано с влиянием антропогенных факторов.

Если оценка критериев Стьюдента и Фишера (или одного из них) указывает на неоднородность ряда наблюдений, можно предположить, что причиной неоднородности ряда наблюдений явилось влияние хозяйственной деятельности человека.



а) р. Ойыл - аул Алты-Карасу; б) р. Ойыл - Тайсойганская РТС; в) р. Ойыл - аул Талтогай; г) р. Ойыл - с. Ойыл.

**Рисунок 2** - Суммарные и разностные интегральные кривые годового стока по рекам бассейна р. Ойыл

Расчетный период наблюдений был разбит на два ряда. Первый период с 1940 по 1981 годы, т.е. до точки перелома по разностному и суммарному интегральному кривому, второй период с 1982 по 2020 гг. Расчеты проводились с использованием программы StokStat 1.2.1. Критерий значимости  $\alpha$  принимался равным 5%. Результаты расчетов приведены в таблице 2.

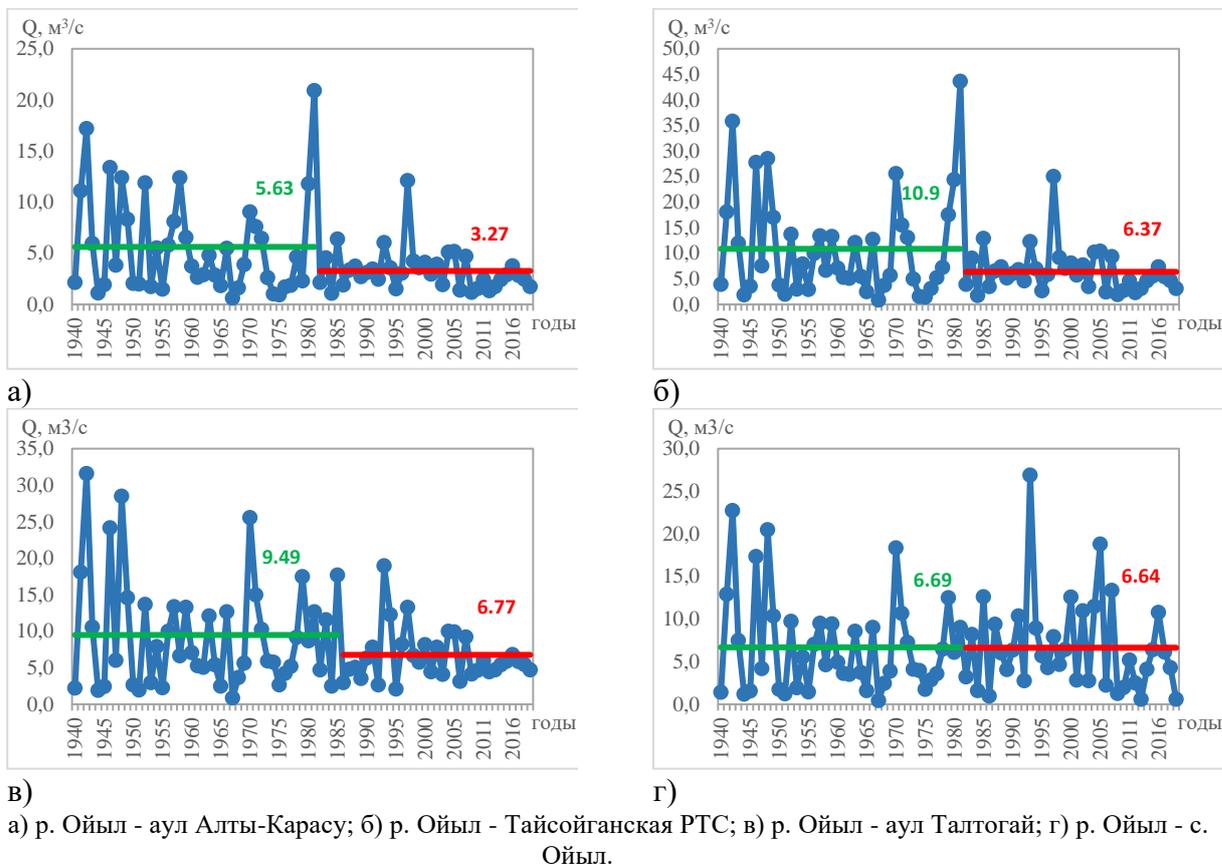
**Таблица 2** – Значения критериев однородности рядов наблюдений

Река - пункт	Критерий Стьюдента			Критерий Фишера			Критерий Вилькоксона			
	t	t $\alpha$	Вывод	F	F $\alpha$	Вывод	U	U1	U2	Вывод
р. Ойыл - аул Талтогай	1,79	1,99	да	3,69	1,89	нет	889	585	989	да
р. Ойыл - аул Алты-Карасу	2,79	4,84	да	5,79	2,79	нет	981	507	1088	да
р. Ойыл - Тайсойганская РТС	2.59	4.84	да	5,62	2,79	нет	967	507	1089	да
р. Ойыл - с. Ойыл	0,04	1,99	да	1,01	1,94	да	811	594	1001	да

Анализ результатов расчетов показывает, что ряды наблюдений за среднегодовыми расходами воды по створам реки бассейна Ойыл по математическому ожиданию и по непараметрическому критерию Вилькоксона однородны и неоднородны по дисперсии, т.е. ряд наблюдений в целом является однородным.

Климатические факторы вызвали изменения водного режима рек, что привело к нестационарности многолетних рядов характеристик стока. В результате анализа данных наблюдений за речным стоком бассейна р. Ойыл было выявлено, что в период с 1980 по 1985 гг. произошли резкие изменения отдельных характеристик стока, которые привели к его нарушению однородности. Согласно источникам [11, с.83; 12, с. 27], режим речного стока,

который сформировался за последние 35-40 лет, можно считать квазистационарным и соответствующим новым климатическим условиям. Период, предшествующий резкому изменению водного режима рек, также является псевдостационарным.



**Рисунок 3** – Многолетние колебания годового стока по гидрометрическим створам бассейна р. Ойыл за период с 1940 по 2019 гг.

На рисунке 3 приведен ход многолетних изменений годового стока. Анализ временных изменений графиков показывает, что с начала 1980 годов по бассейну р. Ойыл наблюдается уменьшение годового стока: по створам р. Ойыл - аул Алты-Карасу и р. Ойыл - Тайсойганская РТС на 42 %, по створу р. Ойыл - аул Талтогай на 29%, по створу р. Ойыл - с. Ойыл – изменения незначительны.

Для каждого из периодов, 1940-1981 гг. и 1982-2019 гг., были выполнены расчеты и построены эмпирические кривые обеспеченностей, а также были подобраны аналитические кривые обеспеченностей и соотношений  $C_s/C_v$ . После этого были рассчитаны параметры составной кривой распределения. Однако, из-за того, что имеется наличие двух квазистационарных периодов с различными климатическими условиями, возникает задача определения расчетных параметров для различных характеристик речного стока по неоднородным рядам наблюдений. Если не учесть этот факт при формальном использовании аналитических кривых распределения, то это может привести как к завышению, так и к занижению расчетных характеристик речного стока.

Обеспеченные величины годового стока по исследуемому району определены по кривым обеспеченности стока, построенным по рассчитанным значениям нормы и коэффициентов вариации годового стока. Согласно официальному нормативному документу СП 33-101-2003 [14, с.18], при проведении инженерно-гидрологических расчетов, трехпараметрическое распределение Крицкого-Менкеля используется для сглаживания и экстраполяции эмпирических кривых распределения ежегодных вероятностей превышения (кривых обеспеченности) при любом соотношении коэффициентов асимметрии ( $C_s$ ) к коэффициенту

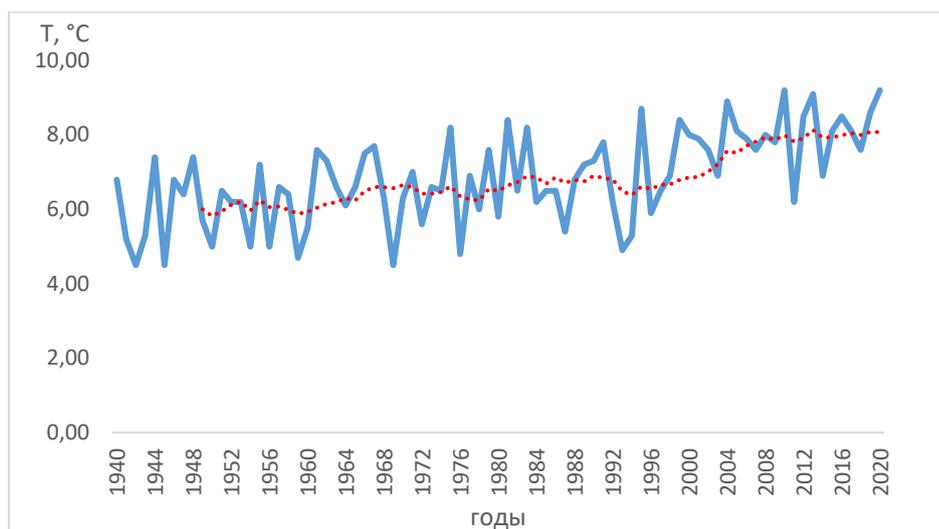
вариации ( $C_v$ ). Если отношение  $C_s/C_v \geq 2$ , то применяется распределение Пирсона III типа. Если ряды гидрометрических наблюдений неоднородны, то используются составные или усеченные кривые распределения ежегодных вероятностей превышения. Для определения статистических параметров и значений стока различной вероятности используются аналитические кривые обеспеченности Пирсона III типа. Эти кривые задают расчетные параметры и значения годового стока с вероятностью превышения от 1 до 99%, используя ряды данных, приведенные к многолетнему периоду и включая восстановленные данные по 2019 год.

**Таблица 2** – Вероятностные значения различных обеспеченностей годового стока бассейна р. Ойыл за 1940-2019 гг.

Река -пункт	Период наблюдений	Средний расход, $Q_{ср}$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	Обеспеченные значения стока, м <sup>3</sup> /с						
				1%	5%	25%	50%	75%	95%	99%
р.Ойыл-Алтыкарасу	1940-2019	4.5	0.88	18.3	12.3	6.27	3.41	1.64	0.41	0.1
	1940-1981	5.63	0.85	22.13	15.06	7.78	4.36	2.16	0.57	0.17
	1982-2019	3.28	0.65	10.00	7.32	4.40	2.85	1.74	0.74	0.35
	$\Delta$ , %	-27		-45	-40	-30	-16	6	80	250
р.Ойыл-Талтогай	1940-2019	8.2	0.75	28.70	20.20	11.26	6.75	3.71	1.23	0.48
	1940-1984	9.27	0.80	34.40	23.80	12.85	7.42	3.86	1.11	0.37
	1985-2019	6.82	0.56	18.70	14.07	8.94	6.13	4.00	1.98	1.09
	$\Delta$ , %	-17		-35	-30	-21	-9	8	61	127
р.Ойыл-Тайсоган	1940-2019	8.7	0.92	36.90	24.60	12.20	6.41	2.95	0.66	0.15
	1940-1981	10.87	0.97	48.60	31.52	15.23	7.72	3.34	0.65	0.14
	1982-2019	6.37	0.66	19.93	14.50	8.58	5.50	3.30	1.34	0.62
	$\Delta$ , %	-27		-46	-41	-30	-14	12	103	313
р.Ойыл-пос.Ойыл	1940-2019	6.7	0.80	24.90	17.20	11.40	5.36	2.79	0.80	0.27
	1940-1981	6.7	0.81	25.13	17.32	11.50	5.32	2.74	0.78	0.25
	1982-2019	6.6	0.82	25.10	17.23	9.13	5.21	2.66	0.74	0.24
	$\Delta$ , %	-1.5		0.8	0.2	-19.9	-2.8	-4.7	-7.5	-11.1

Для сравнения результатов расчетных характеристик стока р. Ойыл за расчетный период и за 1981-2020 гг. были определены значения годового стока с использованием всех совокупностей данных гидрологических постов исследуемого бассейна. В таблице 2 приведены вероятностные значения различных обеспеченностей годового стока р. Ойыл. Изменения годового стока в среднем составляют от 1,5 (р. Ойыл – пос. Ойыл) до 27 % (р.Ойыл-Алтыкарасу, р.Ойыл-Тайсоган) в сторону уменьшения. По створам Талтогай, Алтыкарасу и Тайсойган результаты кривых обеспеченности в области больших расходов воды показывают значительное уменьшение стока от 35 % до 45 %, тогда как в области низких расходов наблюдаются увеличение стока порядка 250-300 %, т.е. сток воды в половодье уменьшился, а в межень увеличился. Полученные выводы также свидетельствуют о том, что сток воды в реке во многом зависит от боковой приточности, в частности от стока воды, впадающих в основную реку, притоков.

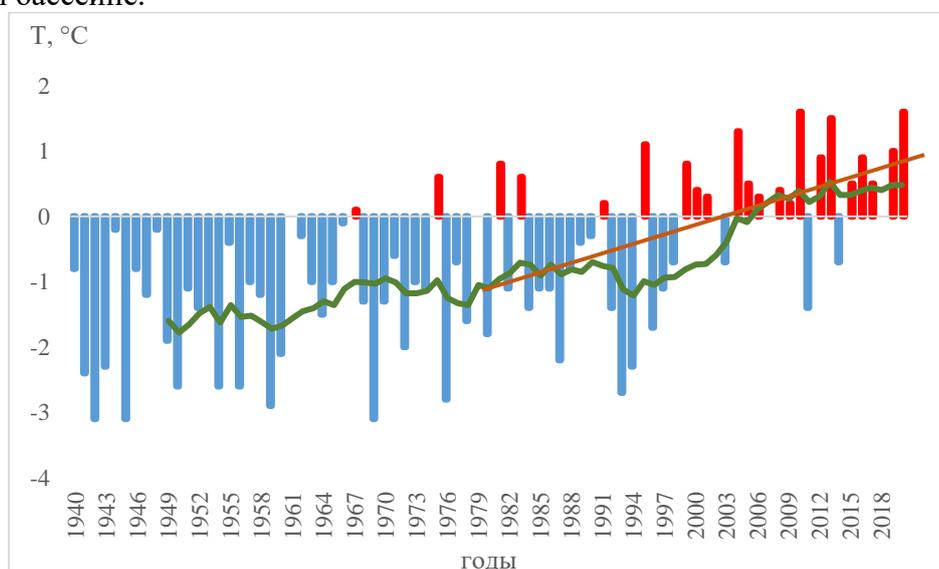
Оценка тенденций температуры приземного воздуха и количества осадков проведена по данным МС Ойыл.



**Рисунок 4** – Многолетние колебания температуры воздуха и 10-летние скользящие по данным МС Ойыл за период с 1940 по 2020 гг.

Анализ температурного хода показал, что осреднённые значения с 1940 года по 1981 год составили 6,4 °С, а с 1982 года по 2020 год выросли на 1 °С, достигли 7,4 °С. Повышение температурного фона наряду с введением гидротехнических сооружений с начала 1950 годов до 1980 гг., которая считается периодом интенсивной хозяйственной деятельности, привели к уменьшению стока исследуемого бассейна.

Тенденция изменения температуры воздуха по МС Ойыл показывает устойчивое увеличение, которое приводит к увеличению испаряемости и дефициту увлажненности почвы в исследуемом бассейне.



**Рисунок 5** – Временные ряды аномалий годовых температур воздуха за период 1940-2020 гг..

Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1991-2020 гг. Линейный тренд за период 1981-2020 гг. выделен коричневым цветом. Сглаженная кривая получена 10-летним скользящим осреднением.

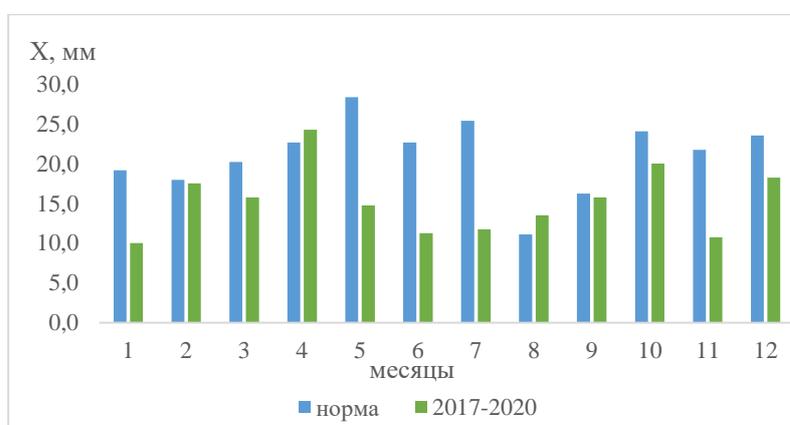
В среднем по данным МС Ойыл за период 1981-2020 гг. повышение среднегодовой температуры воздуха составляет 0,49 °С каждые 10 лет. Наибольшие темпы роста наблюдаются в весенний период ( 0,74 °С/10 лет), наименьшие в зимний (0,17 °С/10 лет).

Значения температур воздуха за последние два года (2019, 2020 гг.) превышают базовую климатическую норму на 13 % и 20 % соответственно.

Анализ изменения хода среднегодовой температуры воздуха и температуры за различные сезоны в бассейне реки Ойыл показал выраженную тенденцию к увеличению, которая приводит к повышению интенсивности испаряемости с поверхности бассейнов рек.

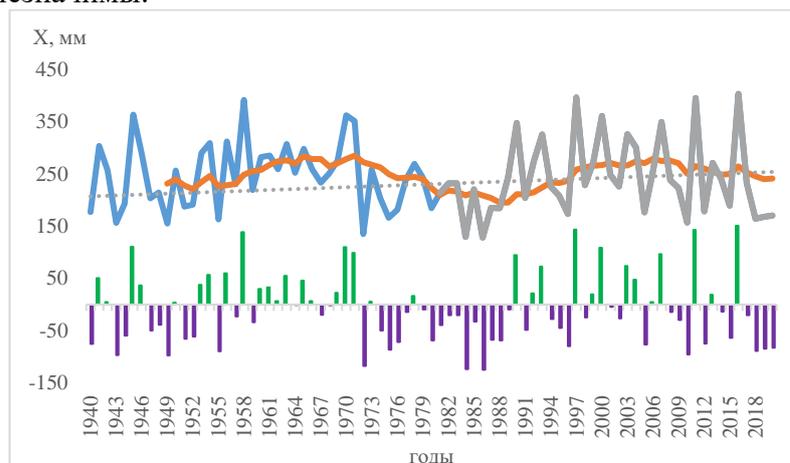
Сток возникает в результате выпадения дождя или таяния снега и льда в горах, при этом часть воды затрачивается на заполнение углублений микрорельефа и впитывание в почву. Этот процесс определяется комплексом физико-географических факторов и хозяйственной деятельности. Основными факторами, влияющими на развитие стока, являются климатические. Однако, на фоне воздействия климата, другие неклиматические факторы также оказывают влияние на формирование стока и его величину. Это влияние более заметно в случае небольших размеров бассейна и коротких периодов рассмотрения.

На стоковые характеристики оказывают влияние и величина атмосферных осадков. Месячное количество осадков за последние годы по МС Ойыл было, в основном, ниже климатической нормы (рисунок 5). Дефицит количества осадков составил от 2 % (февраль) до 57 % (июль). В апреле и августе количество осадков превысило климатическую норму на 7 % и на 22 %, соответственно.



**Рисунок 6** - Месячные суммы осадков за 2017-2020 годы и нормы за период 1991-2020 гг. по МС Ойыл.

Тренды годового количества осадков на исследуемой территории, в основном, положительны, но незначимы.



**Рисунок 7** - Временные ряды и линейные тренды аномалий годовых сумм осадков (в мм) за период 1940-2020 гг.

По МС Ойыл. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1991-2020 гг. Линейный тренд за период 1981-2020 гг. выделен серым цветом. Сглаженная кривая получена 10-летним скользящим усреднением.

Как видно из рисунка 7 годовые суммы количества осадков за последние годы резко уменьшились, если сравнить с базовым периодом (1991-2020), то выпадение атмосферных осадков в 2017 г. было на 8 % ниже нормы, а в последующие годы (2018-2020 гг.) на 32-35 %.

Динамика изменения осадков за последние годы имеет тенденцию к уменьшению, которые являются одной из основных причин уменьшения стока рек. В исследуемом бассейне наблюдается тенденция к уменьшению, как годовых сумм осадков, так и осадков за зимние месяцы, а также дефицит осенней увлажненности почвы. Сложившаяся ситуация приводит к уменьшению стока в весенний период половодья, так как талая вода образовавшаяся в этот период теряется на инфильтрацию в почву.

### **Заклучение**

Данные выводы считаются предварительными, поскольку для полной оценки воздействия человеческой деятельности на сток реки Ойыл требуется провести аналогичные исследования в отношении ее крупных притоков, включая Киыл, Ащыойыл, Шиылы, Кумды, Кенжалы и Кайынды.

Согласно прогнозам экспертов Института географии и водной безопасности, распределение среднемноголетнего стока в основном определяется изменением климатических условий и характеризуется общим снижением в направлении от севера к югу из-за уменьшения количества осадков и увеличения испарения. Изменение в зональном распределении стока является значительным и объясняется влиянием рельефа, который приводит к более высоким значениям стока в горных районах. По данным исследований Института географии и водной безопасности (Медеу А.Р. и др., 2012. – 94 с.), в которых спрогнозированы модуль стока рек Казахстана на основе климатических прогнозов на 2025-2029 гг. даются, что водные ресурсы в РК возрастут в пределах нормы, а в бассейне р. Ойыл, будет наблюдаться низкий сток 0,1-0,25 л/с-км<sup>2</sup>.

Обусловленное многолетним неправильным использованием русел, избыточной хозяйственной деятельностью и необузданным потреблением воды, маловодье как крупных, так и мелких рек является проблемой, которую необходимо решать комплексно.

Маловодье рек имеет как общие для всех, так и специфические для каждой реки причины. Исследование стоковых характеристик выявило, что в бассейнах рек исследуемого района повторяющийся цикл маловодных и половодных лет происходит каждые 10-12 лет. Кроме того, потепление климата оказывает влияние на сезонный сток рек, что является общей причиной для большинства рек на территории умеренного пояса, включая бассейн реки Ойыл. Таким образом, маловодье и пересыхание рек бассейна реки Ойыл связаны с естественными факторами, такими как потепление климата и недостаток снега в зимний период, наблюдаемые в данном регионе.

### **Список литературы**

1. Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление (концепция). Алматы., 2012. 94 с.
2. Абдрахимов Р.Г., Амиргалиева А.С., Даулетияров К.Б., Зияров А.М. Современные тенденции изменения годового стока реки или ее крупных притоков в условиях потепления климата. Вестник Московского университета. Серия 5. География. (№4), 2021. С. 83-89.
3. Алимкулов С.К., Турсынова А.А., Давлетгалиев С.К., Сапарова А.А. Ресурсы речного стока Казахстана. Гидрометеорология и экология. (№3), 2018. С. 80-94.
4. Marianna Poberezhskaya, Alina Bychkova. Kazakhstan's climate change policy: reflecting national strength, green economy aspirations and international agenda. Taylor and Francis Online. <https://doi.org/10.1080/14631377.2021.1943916>, 2021
5. Judith C. Stagl., Fred F. Hattermann. Impacts of Climate Change on the Hydrological Regime of the Danube River and Its Tributaries Using an Ensemble of Climate Scenarios. (№7), 2015. P. 6139-6172. <https://doi.org/10.3390/w7116139>

6. Siegfried, T., Bernauer, T., Guiennet, R., Sellars, S., Robertson, A.W., Mankin, J., Bauer-Gottwein, P. and Yakovlev, A. Will change exacerbate water stress in Central Asia. *Climatic Change*. 2012, P. 112. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0253-z>
7. Chen, Y.N., Li, W., Xu, Ch. and Hao, X. (2007). Effects of climate change on water resources in Tarim River Basin. Northwest China. *Journal of Environmental Sciences*. 2007, P. 488-493. [https://doi.org/10.1016/s1001-0742\(07\)60082-5](https://doi.org/10.1016/s1001-0742(07)60082-5).
8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Средняя Азия. Бассейны оз. Иссык-Куль, рек Чу, Талас, Тарим. Л: Гидрометеиздат (Т14). Вып 2. 1973. 308 с.
9. Давлетгалиев С.К. Влияние хозяйственной деятельности на годовой сток основных рек Жайык-Каспийского бассейна. *География және геозкология мәселелері*. 2011, С. 4-11.
10. Давлетгалиев С.К. Совокупная оценка нормы месячного стока рек Северной и Западной Джунгарии. *Вестник КазГУ. Сер. географическая*. (№3). 1996, С. 99-109.
11. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений. Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Санкт-Петербург. 2005. 123 с.
12. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Санкт-Петербург. 2009. 193 с.
13. Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм, 2017. [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=4168](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4168)
14. СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. М.: Стройиздат. 2003. 203 с.
15. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Бассейны рек Шу и Талас. Выпуск №8, Алматы, 2015. 82 с.
16. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Бассейны рек Сырдарья, Шу и Талас. Выпуск №3. Алматы, 2005. 98 с.

### References

1. Medeu A.R., Mal'kovskij I.M., Toleubaeva L.S. *Vodnye resursy Kazahstana: oценка, prognoz, upravlenie (konceptija)* [ *Water Resources of Kazakhstan: Assessment, Forecasting, Management (Concept)*]. Almaty., 2012. 94 s.
2. Abdrahimov R.G., Amirgalieva A.S., Dauletjarov K.B., Zizarov A.M. *Sovremennye tendencii izmenenija godovogo stoka reki ili ee krupnyh pritokov v uslovijah potepnenija klimata*. [Current trends in the annual flow of a river or its major tributaries under conditions of a warming climate]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 5. Geografija*. (№4), 2021. S. 83-89.
3. Alimkulov S.K., Tursynova A.A., Davletgaliev S.K., Saparova A.A. *Resursy rechnogo stoka Kazahstana*. [ *River flow resources of Kazakhstan* ] . *Gidrometeorologija i jekologija*. (№3), 2018. S. 80-94.
4. Marianna Poberezhskaya, Alina Bychkova. *Kazakhstan's climate change policy: reflecting national strength, green economy aspirations and international agenda*. Taylor and Francis Online. <https://doi.org/10.1080/14631377.2021.1943916>, 2021
5. Judith C. Stagl., Fred F. Hattermann. *Impacts of Climate Change on the Hydrological Regime of the Danube River and Its Tributaries Using an Ensemble of Climate Scenarios*. (№7), 2015. P. 6139-6172. <https://doi.org/10.3390/w7116139>
6. Siegfried, T., Bernauer, T., Guiennet, R., Sellars, S., Robertson, A.W., Mankin, J., Bauer-Gottwein, P. and Yakovlev, A. Will change exacerbate water stress in Central Asia. *Climatic Change*. 2012, P. 112. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0253-z>

7. Chen, Y.N., Li, W., Xu, Ch. and Hao, X. (2007). Effects of climate change on water resources in Tarim River Basin. Northwest China. Journal of Environmental Sciences. 2007, P. 488-493. [https://doi.org/10.1016 / s1001-0742 \(07\) 60082-5](https://doi.org/10.1016 / s1001-0742 (07) 60082-5).
8. Resursy poverhnostnyh vod SSSR. Srednjaja Azija. Bassejny oz. Issyk-Kul', rek Chu, Talas, Tarim [ Surface water resources of the USSR. Central Asia. Basins of Lake Issyk-Kul. Issyk-Kul lake, Chu, Talas, Tarim rivers ]. L: Gidrometeoizdat (T14). Vyp 2. 1973. 308 s.
9. Davletgaliev S.K. Vlijanie hozjajstvennoj dejatel'nosti na godovoj stok osnovnyh rek Zhajyk-Kaspijskogo bassejna [ Impact of economic activity on the annual flow of the main rivers in the Zhaik-Caspian Basin ] . Geografija zhəne geojekologija məseleleri. 2011, S. 4-11.
10. Davletgaliev S.K. Sovokupnaja ocenka normy mesjachnogo stoka rek Severnoj i Zapadnoj Dzhungarii. [ Cumulative assessment of the monthly flow rate of the rivers of North and West Dzhungaria ]. Vestnik KazGU. Ser. geograficheskaja. (№3). 1996, S. 99-109.
11. Metodicheskie rekomendacii po opredeleniju raschetnyh gidrologicheskikh harakteristik pri nalichii dannyh gidrometricheskikh nabljudenij. Federal'naja sluzhba Rossii po gidrometeorologii i monitoringu okružhajushhej sredy [Methodological Recommendations for the Determination of Estimated Hydrological Characteristics in the Availability of Hydrometric Observations Data. Federal Service of Russia for Hydrometeorology and Environmental Monitoring]. Sankt-Peterburg. 2005. 123 s.
12. Metodicheskie rekomendacii po opredeleniju raschetnyh gidrologicheskikh harakteristik pri otsutstvii dannyh gidrometricheskikh nabljudenij. Federal'naja sluzhba Rossii po gidrometeorologii i monitoringu okružhajushhej sredy [Methodological recommendations on the determination of estimated hydrological characteristics in the absence of hydrometric observation data. Russian Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring]. Sankt-Peterburg. 2009. 193 s.
13. Rukovodjashhie ukazaniya VMO po raschetu klimaticheskikh norm [13.WMO guidelines for calculating climate norms]. 2017. [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=4168](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4168)
14. SNiP 2.01.14-83. Opredelenie raschetnyh gidrologicheskikh harakteristik [Determination of design hydrological characteristics]. M.: Strojizdat. 2003. 203 s.
15. Gosudarstvennyj vodnyj kadastr. Ezhegodnye dannye o rezhime i resursah poverhnostnyh vod sushi. Bassejny rek Shu i Talas [State Water Cadastre. Annual data on terrestrial surface water regime and resources. Shu and Talas river basins]. Vypusk №8, Almaty, 2015. 82 s.
16. Gosudarstvennyj vodnyj kadastr. Mnogoletnie dannye o rezhime i resursah poverhnostnyh vod sushi. Bassejny rek Syrdar'i, Shu i Talas [State Water Cadastre. Multi-year data on terrestrial surface water regime and resources. Syrdarya, Shu and Talas river basins]. Vypusk №3. Almaty, 2005. 98 s.

**А.К. Мусина<sup>1</sup>, К.Т. Нарбаева\*<sup>1</sup>, А.Н. Акжаркынова<sup>1</sup>,  
М.Е.Кенесова<sup>2</sup>, Ж.О.Бексултанова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Әль – Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы, [mussina.aynur@gmail.com](mailto:mussina.aynur@gmail.com), [narbayeva.kn@gmail.com](mailto:narbayeva.kn@gmail.com)\*,  
[akzharkynova@gmail.com](mailto:akzharkynova@gmail.com), [zhansaya.beksultanova@mail.ru](mailto:zhansaya.beksultanova@mail.ru)

<sup>2</sup> «КазГИДРО» ЖШС, Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы,  
[madinakenesova@gmail.com](mailto:madinakenesova@gmail.com)

## КЛИМАТТЫҢ ӨЗГЕРМЕЛІЛІГІ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ ОЙЫЛ ӨЗЕНІ АҒЫНДЫСЫНЫҢ ТЕРБЕЛІСІН БАҒАЛАУ

### **Аңдатпа**

Бұл мақалада климаттық және антропогендік жағдайлардың өзгерісі әсерінен туындаған Ойыл өзені алабы ағындысының тербелісі қарастырылған. Зерттеу алабының гидрометеорологиялық сипаттамаларын бағалау үшін «Негізгі гидрологиялық сипаттамаларда», «Құрлықтың жер үсті суларының режимі мен ресурстары туралы көп жылдық деректер», «Жер үсті суларының ресурстары», «Гидрологиялық жылнамалар», сондай-ақ интернет-көздерде келтірілген жарияланған кадастрлық материалдардан алынған

деректер пайдаланылды. Мәліметтерді өңдеудің белгілі статистикалық әдістерін пайдалана отырып, өзен ағындысының гидрометеорологиялық сипаттамалары талданып, графиктер мен гистограммалар тұрғызылды. Олар өз кезегінде жауын-шашынның, ауа температурасының және өзен ағындысының өзгеруін көрсетеді. Өзен ағындысының тербелісін бағалау үшін Ойыл өзені алабының 1940 жылдан 2019 жылға дейінгі аралықтағы гидрометриялық тұстамалардағы гидрологиялық қатарлары жиналып, талданды. Зерттеу алабындағы өзен ағындысының өзгерістері табиғи және бұзылған екі кезең үшін анықталған. Әрбір кезең үшін үлестірім қисықтарын тұрғызу арқылы ағынды сипаттамаларының түрлі қамтамасыздықтағы ықтимал мәндері анықталған. Жылдық ағынды мәндерінің өзгеруі орта есеппен 1,5 % (Ойыл өз.– Ойыл а.) 27 % (Ойыл өз. – Алтықарасу а., Ойыл өз. – Тайсоған а.) дейін төмендеді. Талтоғай, Алтықарасу және Тайсойған тұстамалары бойынша қамтамасыздық қисығының жоғарғы су өтімдері аумағында ағынды мәндері 35 %-дан 45 %-ға айтарлықтай төмендегенін, ал қамтамасыздық қисығының төменгі су өтімдер аумағында ағындының 250-300 %-ға көтерілгенін, яғни су тасу кезінде ағындының төмендегенін, ал сабалық кезеңде көтерілгенін байқауға болады.

**Кілт сөздер:** жылдық ағынды, ағынды нормасы, ауа температурасы, атмосфералық жауын-шашын, климаттың өзгеруі, базалық кезең, орташа жылдық су өтімдері, өзен ағындысы.

**A.K. Musina<sup>1</sup>, K.T. Narbaeva\*<sup>1</sup>, A.N. Akzharkynova<sup>1</sup>, M.E.Kenesova<sup>2</sup>, Zh.O.Beksultanova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, [mussina.aynur@gmail.com](mailto:mussina.aynur@gmail.com), [narbayeva.kn@gmail.com](mailto:narbayeva.kn@gmail.com)\*, [akzharkynova@gmail.com](mailto:akzharkynova@gmail.com), [zhansaya.beksultanova@mail.ru](mailto:zhansaya.beksultanova@mail.ru)*

<sup>2</sup>*KazGIDRO LLP, Kazakhstan, Almaty, [madinakenesova@gmail.com](mailto:madinakenesova@gmail.com)*

## **ASSESSMENT OF FLOW FLUCTUATIONS IN THE OYIL RIVER UNDER NONSTATIONARY CLIMATE CONDITIONS**

### **Abstract**

This article deals with the issues of changes in river flow in the Oyil River basin caused by nonstationary climatic and anthropogenic conditions. To assess the hydrometeorological characteristics of the study basin, we used data from the published cadastral materials given in "Basic Hydrological Characteristics", "Multiyear Data on Surface Water Regime and Resources", "Surface Water Resources", "Hydrological Yearbooks" as well as Internet sources. Using well-known statistical processing methods, hydrometeorological characteristics of river runoff were analyzed, graphs and histograms were plotted, which in turn show changes and fluctuations in precipitation, air temperature and river runoff. Hydrological series of hydrometric gauges of the Oyil River basin for the period from 1940 to 2019 were collected and analysed to assess changes in river flow. Changes in river flow in the study basin were determined for two periods: natural and disturbed. For each period, the characteristics of the runoff of different supply were identified by constructing the distribution curves. The changes in the annual flow averaged from 1.5 (river Oyil - Oyil village) to 27 % (river Oyil-Altykarasu, river Oyil-Taisogan) in the direction of reduction. On the hydrological stations Saltogay, Altykarasu and Taisoigan the results of curves of security in the field of high stream flow show considerable decrease in flow from 35 % up to 45 % whereas in the field of low stream flow we observe increase in flow of about 250-300 %, i.e. the water flow in high stream flow has decreased, and in low-water has increased.

**Key words:** annual runoff, runoff rate, air temperature, precipitation, climate change, baseline period, average annual discharge, river runoff.