

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО,  
ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 627.15

doi: 10.31774/2712-9357-2024-14-1-225-242

**Особенности формирования и трансформации  
максимального стока реки Миус**

**Таисия Сергеевна Пономаренко<sup>1</sup>, Дмитрий Викторович Мартынов<sup>2</sup>**

<sup>1, 2</sup>Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация

<sup>1</sup>ponomarenko.taisia@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2003-1686>

<sup>2</sup>dimas-8901@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4797-8973>

**Аннотация.** Цель: изучение особенностей формирования и трансформации максимального стока реки на основе эмпирических данных. **Материалы и методы.** В качестве исходных материалов использовались ряды наблюдений за уровнями и расходами воды по двум имеющимся гидрологическим постам Куйбышево (гидрологический пост 1) и Матвеев Курган (гидрологический пост 2) продолжительностью 51 год. В качестве методов обработки информации использовались статистические и теоретические, в т. ч. системного анализа и гидролого-географических обобщений. **Результаты и обсуждения.** Выполнено исследование, состоящее из четырех этапов: анализ гидрографических характеристик, построение графиков зависимости максимальных расходов  $Q = f(H)$ , анализ гидрологических рядов и расчетных данных. В результате анализа гидрографических характеристик выявлена значительная разница в средних высотах водосбора и уклоне русла. При сопоставлении максимальных параметров по годам выявлено, что максимальный уровень, зафиксированный на гидрологическом посту, не соответствует максимальному расходу: на гидрологическом посту 1 максимальный уровень воды наблюдался в 1979 г. и соответствовал 2 % обеспеченности, при этом в том же году расход 151 куб. м/с соответствовал 6 % обеспеченности, наибольший расход зафиксирован в 1970 г. и был выше на 30 куб. м/с, уровень воды соответствовал 4 % обеспеченности и был ниже на 0,49 м; на гидрологическом посту 2 максимальный уровень воды зафиксирован в 1985 г. при расходе 202 куб. м/с, соответствующем 6 % обеспеченности, максимальный расход наблюдался в 1964 г. при уровне воды на 0,38 м ниже максимального, что соответствует 12 % обеспеченности. **Выводы.** Приведенные в статье материалы подтверждают, что использование коэффициентов вариации и асимметрии одного поста для среднесноголетних значений другого поста не совсем корректно, несмотря на то, что расположены они на одной реке на достаточно близком расстоянии.

**Ключевые слова:** гидрологический режим, гидропост, водосбор, инженерные гидрологические расчеты, сток, гидрологические характеристики, река Миус

**Для цитирования:** Пономаренко Т. С., Мартынов Д. В. Особенности формирования и трансформации максимального стока реки Миус // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 1. С. 225–242. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-1-225-242>.

HYDRAULIC ENGINEERING,  
HYDRAULICS AND ENGINEERING HYDROLOGY

Original article

**Features of formation and transformation of the Mius River maximum runoff**

**Taisiya S. Ponomarenko<sup>1</sup>, Dmitry V. Martynov<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novochoerkassk, Russian Federation

<sup>1</sup>ponomarenko.taisia@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2003-1686>

<sup>2</sup>dimas-8901@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4797-8973>

**Abstract. Purpose:** to study the features of the formation and transformation of the maximum river runoff based on empirical data. **Materials and methods.** The series of observations of water levels and flows in two existing gauging stations Kuibyshevo (hydrological station 1) and Matveev Kurgan (hydrological station 2) with a duration of 51 years, were used as source materials. Statistical and theoretical methods were used as information processing methods, including system analysis and hydrological and geographical generalizations. **Results and discussions.** A study consisting of four stages: analysis of hydrographic characteristics, construction of dependency graphs of maximum flow rates  $Q = f(H)$ , analysis of hydrological series and calculated data, was carried out. As a result of the analysis of hydrographic characteristics, a significant difference in the average heights of the watershed area and the bed slope was revealed. When comparing the maximum parameters by year, it was revealed that the maximum level recorded at the gauging station does not correspond to the maximum flow rate: at the hydrological station 1, the maximum water level was observed in 1979 and corresponded to 2 % availability, while the same year discharge of 151 cubic m/s corresponded to 6 % availability, the highest discharge was recorded in 1970 and was higher by 30 cubic m/s, the water level corresponded to 4 % availability and was lower by 0.49 m; at hydrological station 2, the maximum water level was recorded in 1985 with a flow rate of 202 cubic m/s, corresponding to 6 % probability, the maximum flow rate was observed in 1964 at a water level 0.38 m below the maximum, which corresponds to 12 % availability. **Conclusions.** The materials presented in the article confirm that the use of the coefficients of variation and asymmetry of one gauging station for the long-term average values of another gauging station is not entirely correct, despite the fact that they are located on the same river at a fairly close distance.

**Keywords:** hydrological regime, hydrological station, watershed, engineering hydrological calculations, runoff, hydrological characteristics, the Mius River

**For citation:** Ponomarenko T. S., Martynov D. V. Features of formation and transformation of the Mius River maximum runoff. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2024;14(1):225–242. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-1-225-242>.

**Введение.** Климат на европейской территории России (в частности, в Южном федеральном округе) становится все более экстремальным. Ученые прогнозируют большое количество осадков зимой и продолжительные засухи летом. В таких условиях детальное изучение гидрологического режима рек является важным вопросом и требует дополнительных исследований. Особенно это касается малых и средних рек степной зоны, которые являются основными источниками обеспечения водой населенных пунктов, промышленности и сельскохозяйственного производства.

Помимо изменения климата на гидрологический режим рек влияют подпорные гидротехнические сооружения, которые в большом количестве расположены в руслах малых и средних водотоков. В условиях маловодья [1] такие сооружения оказывают большое влияние в меженный период, перехватывая и без того незначительный объем стока, что приводит к пересыханию русла ниже по течению. В период половодья происходит основное накопление объема воды, и поэтому важной задачей расчетов является точное определение максимальных расходов и объемов заданной обеспеченности по всей протяженности реки. Помимо этого, расчеты максимальных расходов необходимы при строительстве мостов, переездов, а также для установления потенциальных зон затопления.

Для выполнения таких расчетов желательно иметь ряды наблюдений продолжительностью более 35 лет<sup>1</sup>, что сегодня является практически невозможным, по причине отсутствия гидропостов на малых водотоках. Поэтому зачастую применяются методики расчета при недостаточности или отсутствии данных наблюдений, основанные на аналогии [2]. Если же имеется хотя бы один пост на исследуемой реке, то его данные используются как аналог для всей реки, независимо от гидрографических характеристик. Зачастую гидропосты расположены ближе к устью, где гидрографические характеристики могут значительно отличаться от характеристик верхнего течения.

Поэтому цель исследования – изучение особенностей формирования и трансформации максимального стока реки на основе эмпирических данных.

**Материалы и методы.** Для проведения исследований необходимо иметь средний или малый водный объект с двумя гидропостами и продолжительными рядами наблюдений. Этим критериям отвечает р. Миус, которая протекает по территории Донецкой и Луганской Народных Республик,

---

<sup>1</sup>Определение основных расчетных гидрологических характеристик: СП 33-101-2003: утв. Госстроем России 26.12.03. М.: Госстрой России, 2004. 85 с.

а также Ростовской области и впадает через Миусский лиман Таганрогского залива в Азовское море. Река берет начало на склонах Донецкого кряжа. Длина реки составляет 258 км, площадь бассейна 6680 км<sup>2</sup>. Количество рек (притоков) в бассейне составляет 815 шт. с общей длиной 2763 км<sup>2</sup>. Основные притоки: р. Глухая, Ольховчик и Крынка – правые; р. Миусик, Крепенькая и Нагольная – левые. В свою очередь речная сеть характеризуется как густая и имеет значение отношения суммарной длины всех рек к площади их бассейна более 0,41 км/км<sup>2,3</sup>.

Долина Миуса в верховьях имеет V-образную форму, ширина которой варьируется от 0,2 до 1,2 км; ниже по течению, в пределах степной зоны, она расширяется до 5–6 км. Заводы в верховьях на отдельных участках отсутствуют, в среднем и нижнем течении реки их ширина составляет до 800 м. Среднегодовой сток равен 6,5 м<sup>3</sup>/с<sup>3</sup>. Русло извилисто и имеет ширину 15–25 м (в низовьях – до 45 м). Дно реки на перекатах каменистое<sup>3</sup>. Глубина реки на плесах до 6 м, на перекатах уменьшается до 0,5 м [3].

Питание реки снеговое и дождевое. Запасы воды в снеге совсем невелики из-за большой неустойчивости снежного покрова и малой мощности снега с колебаниями от 30 до 40 мм<sup>3</sup>. Среднемноголетний расход воды около 12 м<sup>3</sup>/с (объем стока 0,379 км<sup>3</sup>/год). Весеннее половодье на реке проходит с конца февраля по вторую декаду апреля (максимум в середине марта). Средняя продолжительность половодья составляет 53 сут. Замерзает р. Миус в середине декабря, вскрывается к середине марта<sup>3</sup>.

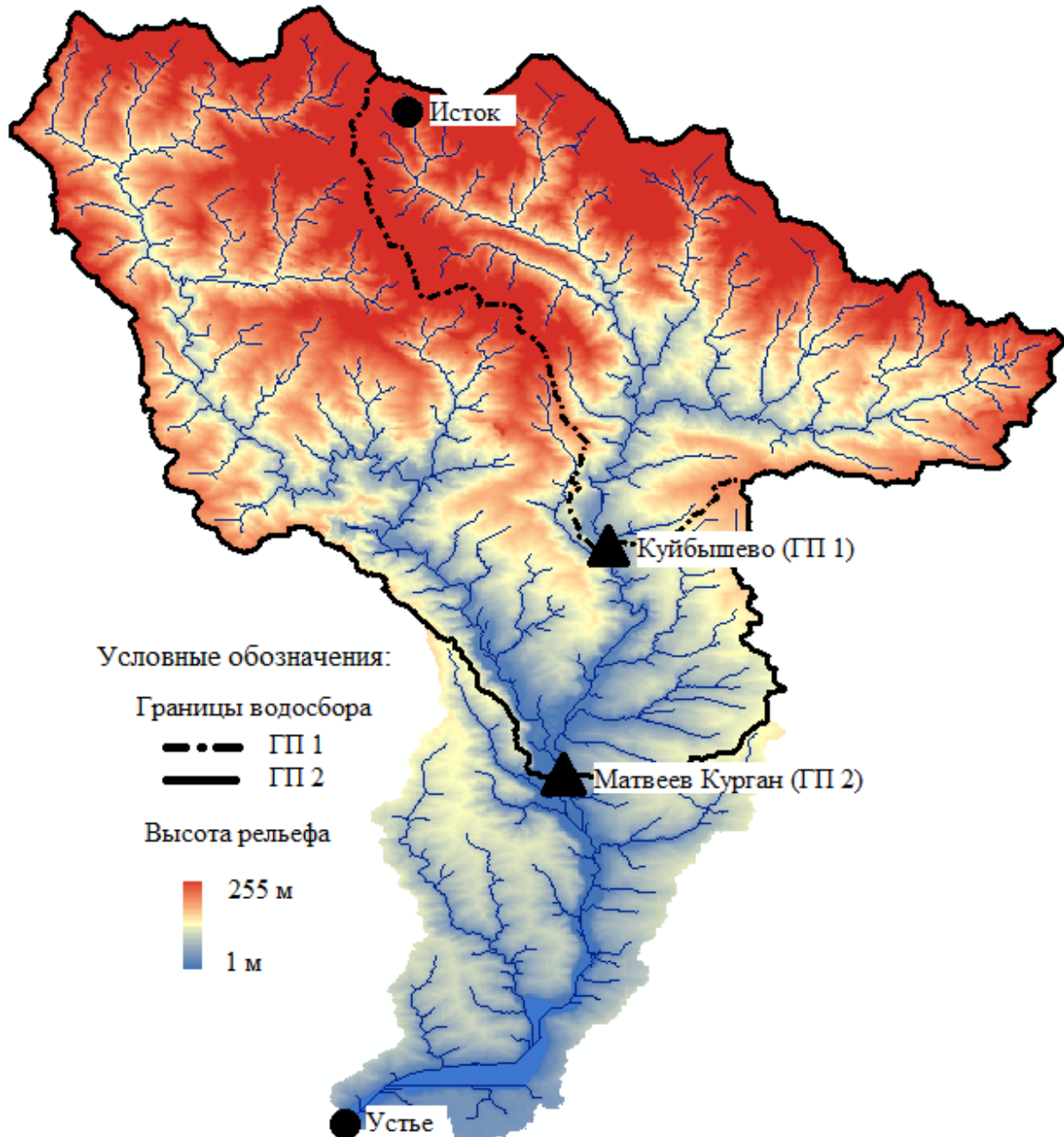
В бассейне Миуса существует несколько небольших водохранилищ, используемых для водоснабжения промышленности, гидроэнергетики и мелиорации.

---

<sup>2</sup>Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 6. Украина и Молдавия. Вып. 3. Бассейны Северского Донца и реки Приазовья / под ред. М. С. Каганера. Л.: Гидрометеоиздат, 1967. 492 с.

<sup>3</sup>Реки Донецкой Народной Республики – река Миус [Электронный ресурс]. URL: <https://gkvrhdnr.ru/reki-donetskoj-narodnoj-respubliki-reka-mius/> (дата обращения: 29.11.2023).

Исследуемый район включает в себя часть водосборной площади р. Миус от села Куйбышево Куйбышевского района до поселка Матвеев Курган в Матвеево-Курганском районе, включая русловую часть, приточные водотоки р. Миус (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Схема бассейна р. Миус**  
**Figure 1 – Scheme of the Mius River basin**

На реке имеется два гидрологических поста в н. п. Куйбышево и н. п. Матвеев Курган. Расстояние между постами 90 км.

Для исследования были использованы ряды наблюдений за уровнями и расходами воды по двум имеющимся гидропостам Куйбышево (ГП 1) и Матвеев Курган (ГП 2) продолжительностью 51 год. Ниже приведены результаты проверки рядов максимальных расходов на однородность (рисунок 2). Проверка проводилась при помощи программы StokStat 1.2, в которую заложены алгоритмы проверки однородности характеристик двух независимых выборок по трем критериям [4]. На рисунке 2 красным цветом обозначены графики динамики максимальных расходов с 1960 по 1985 г., зеленым – с 1986 по 2010 г.

Результаты проверки свидетельствуют об однородности гидрологических рядов и подтверждают правомерность их дальнейшего использования. Такая же проверка выполнена для рядов максимальных уровней воды с идентичным результатом.

Гидрографические характеристики определены с использованием цифровых моделей рельефа, созданных на основе данных радарной и геодезической съемок<sup>4, 5</sup> [5–9], а также справочных данных<sup>3, 6</sup> [10]. Гидрологические расчеты проводились в соответствии с требованиями СП 11-103-97<sup>7</sup>, СП 33-101-2003<sup>1</sup>, СП 529.1325800.2023<sup>8</sup>, пособия по определению расчетных гидрологических характеристик<sup>2</sup> и других методик<sup>9</sup> [11–14].

**Результаты и обсуждения.** Выполненное исследование можно условно разделить на четыре этапа.

---

<sup>4</sup>ASTER GDEM Readme File – ASTER GDEM Version 1 [Электронный ресурс]. URL: <http://gis-lab.info/qa/aster-gdem.html> (дата обращения: 29.11.2023).

<sup>5</sup>Панорамы карты покрытия SRTM [Электронный ресурс]. URL: [http://viewfinderpanoramas.org/Coverage map viewfinderpanoramas\\_org3.htm](http://viewfinderpanoramas.org/Coverage%20map%20viewfinderpanoramas_org3.htm) (дата обращения: 29.11.2023).

<sup>6</sup>Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 7. Донской район / под ред. В. М. Покровской. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 460 с.

<sup>7</sup>Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства: СП 11-103-97: утв. Госстроем России 14.10.97. М.: ПНИИИС Госстроя России, 1997. 55 с.

<sup>8</sup>Определение основных расчетных гидрологических характеристик: СП 529.1325800.2023: утв. Минстроем России 11.09.23. М.: Минстрой России, 2023. 103 с.

<sup>9</sup>Рекомендации по статистическим методам анализа однородности пространственно-временных колебаний речного стока. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 78 с.

$F = 1.009$   
 $F_{\alpha} = 2.251$   
 Ряды однородны по критерию Фишера "Да"

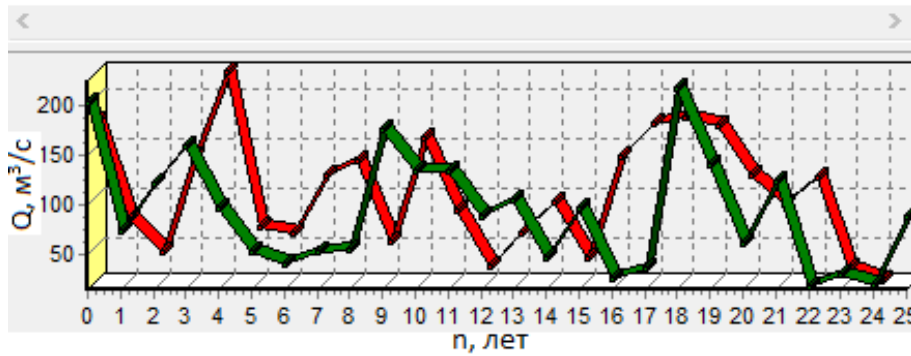
$t = 0.787$   
 $t_{\alpha} = 2.011$   
 Ряды однородны по критерию Стьюдента "Да"

$U = 369$   
 $U1 = 220.978$       $U2 = 429.022$   
 Ряды однородны по критерию Вилькоксона "Да"

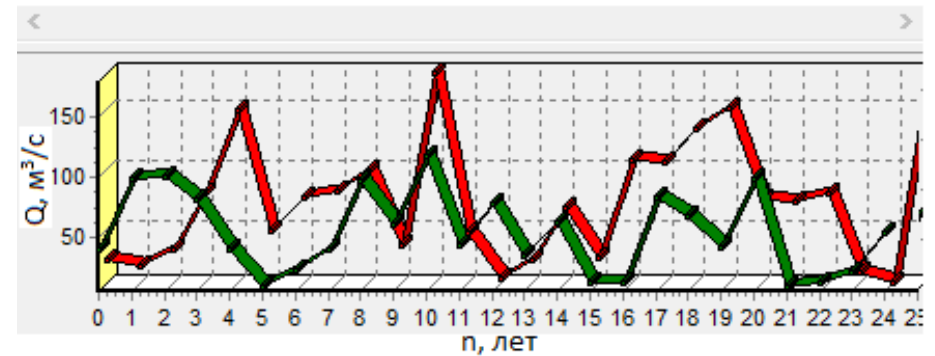
$F = 2.326$   
 $F_{\alpha} = 2.251$   
 Ряды не однородны по критерию Фишера "Нет"

$t = 1.602$   
 $t_{\alpha} = 2.011$   
 Ряды однородны по критерию Стьюдента "Да"

$U = 390$   
 $U1 = 220.978$       $U2 = 429.022$   
 Ряды однородны по критерию Вилькоксона "Да"



гидропост Матвеев Курган  
 gauging station Matveev Kurgan



гидропост Куйбышево  
 gauging station Kuibyshevo

$Q$  – расход воды,  $m^3/s$ ;  $n$  – продолжительность, лет  
 $Q$  – water flow,  $m^3/s$ ;  $n$  – duration, years

**Рисунок 2 – Результаты проверки рядов максимальных расходов р. Миус на однородность**  
**Figure 2 – Results of checking the series of maximum Mius River flows for uniformity**

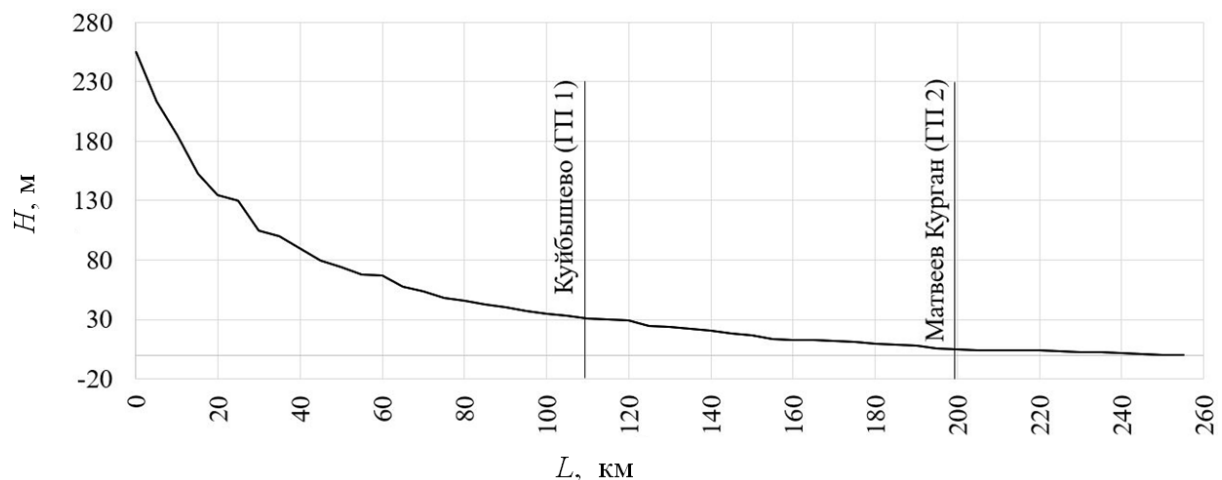
Первый этап – анализ гидрографических характеристик (таблица 1).

**Таблица 1 – Гидрографические характеристики р. Миус**

**Table 1 – Hydrographic characteristics of the Mius River**

Наименование гидропоста	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Средняя высота водосбора, м	Протяженность, км	Уклон русла, %
Куйбышево	2282,36	185,44	109,14	1,60
Матвеев Курган	5638,41	167,71	199,25	1,02

При сопоставлении гидрографических характеристик участков реки на данных гидропостах можно отметить значительную разницу в средних высотах водосбора и уклоне русла (рисунок 3). В верхнем течении (ГП 1) средние высоты водосбора выше на 18 м, при этом уклоны отличаются практически в два раза. Коэффициент извилистости для ГП 1 – 1,11, для ГП 2 – 1,12. Расстояние между постами 90 км. Также стоит отметить величину водосборной площади, которая в два раза больше у ГП 2, так как он расположен ниже по течению и включает в себя крупный приток.



$H$  – высота, м БС;  $L$  – длина, км

$H$  – height, meters of the Baltic system;  $L$  – length, km

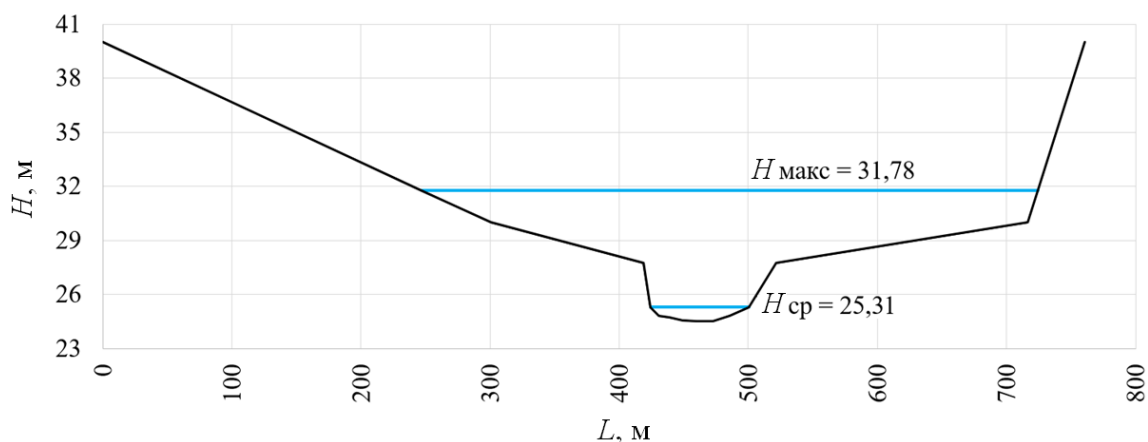
**Рисунок 3 – Продольный профиль р. Миус**

**Figure 3 – Longitudinal profile of the Mius River**

Второй этап исследования – построение графиков зависимости максимальных расходов  $Q = f(h)$ , которые позволяют оценить связь этих параметров. На рисунке 4 представлено поперечное сечение русла в створе гидропоста Куйбышево, а на рисунке 5 – график связи  $Q = f(h)$ . Связь в

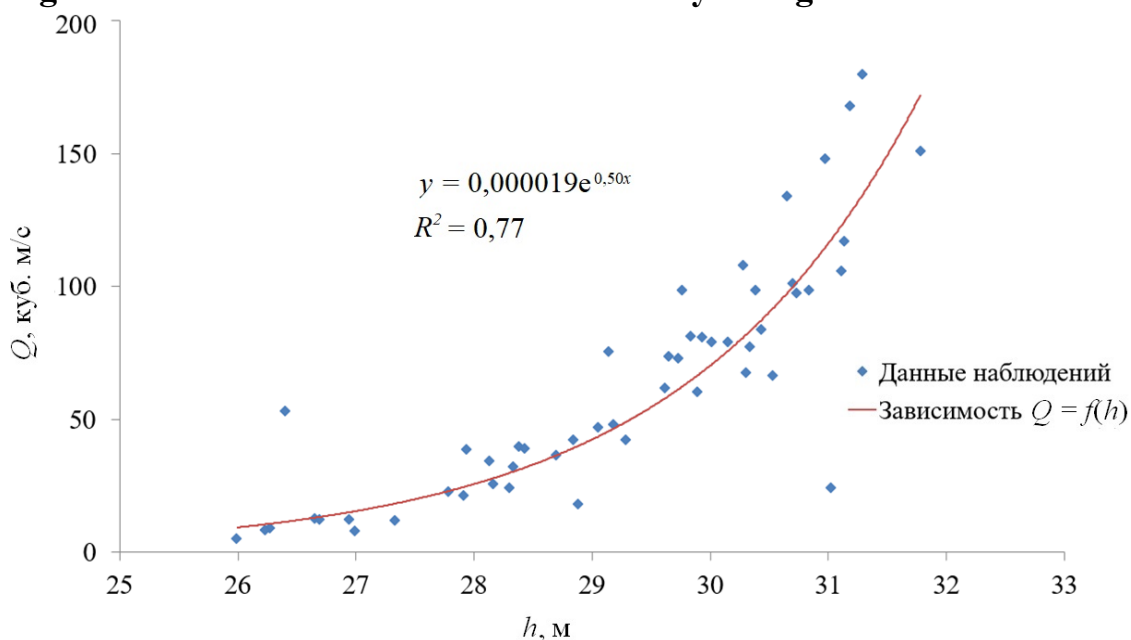


данном случае удовлетворительна, так как погрешность менее 25 %. Превышение максимального уровня над среднегодовым составляет 6,47 м.



$H_{\text{макс}}$  – максимальный уровень воды 1 % обеспеченности, м;  
 $H_{\text{ср}}$  – среднегодовое значение уровня воды, м;  $L$  – расстояние, м  
 $H_{\text{макс}}$  – maximum water level 1 % of supply, m;  
 $H_{\text{ав}}$  – long-term annual average water level, m;  $L$  – distance, m

**Рисунок 4 – Поперечное сечение русла в створе гидрологического поста 1**  
**Figure 4 – Cross section of the channel at hydrological station 1 section**



$Q$  – расход воды, м<sup>3</sup>/с;  $h$  – наблюдаемый уровень воды, м  
 $Q$  – water flow, m<sup>3</sup>/s;  $h$  – observed water level, m

**Рисунок 5 – График зависимости  $Q = f(h)$  в створе гидрологического поста 1**

**Figure 5 – Dependency graph  $Q = f(h)$  at the hydrological station 1 section**

При построении кривых обеспеченности было выполнено сопоставление максимальных параметров по годам (таблица 2).

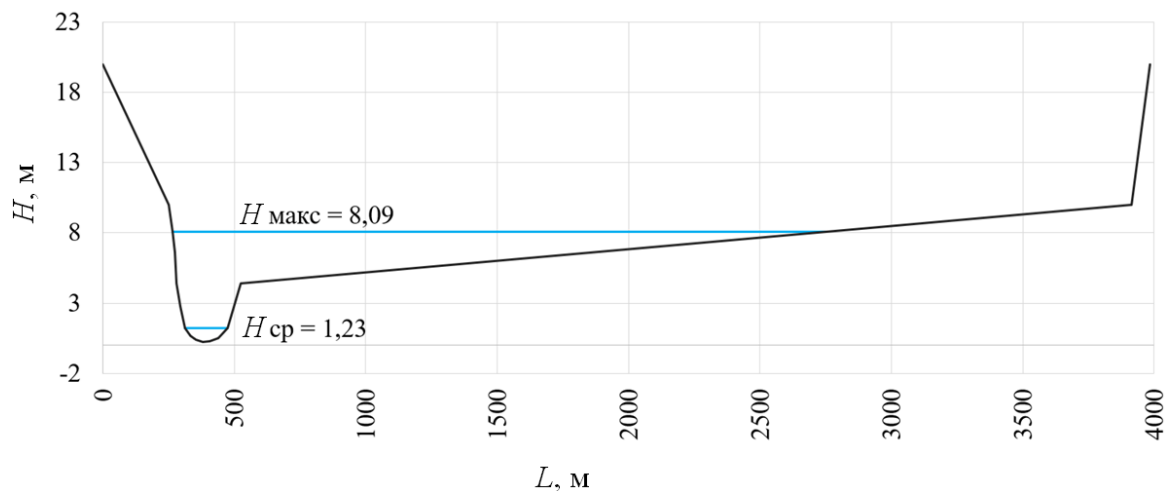
**Таблица 2 – Сопоставление уровней и расходов воды на гидрологическом посту 1**

**Table 2 – Comparison of water levels and flow rates at the hydrological station 1**

Год наблюдения	Уровень воды		Расход воды	
	$H_{\text{макс}}$ , м	$P$ , %	$Q_{\text{макс}}$ , м <sup>3</sup> /с	$P$ , %
1979	31,78	2,00	151,00	6,00
1970	31,29	4,00	180,00	2,00

Из представленных данных видно, что максимальный уровень воды наблюдался в 1979 г., это соответствовало 2 % обеспеченности, при этом в том же году расход 151 м<sup>3</sup>/с соответствовал 6 % обеспеченности, и это был не максимальный из всего ряда наблюдений. Наибольший расход зафиксирован в 1970 г. и был выше на 30 м<sup>3</sup>/с, уровень воды в данном случае соответствовал 4 % обеспеченности и был ниже на 0,49 м.

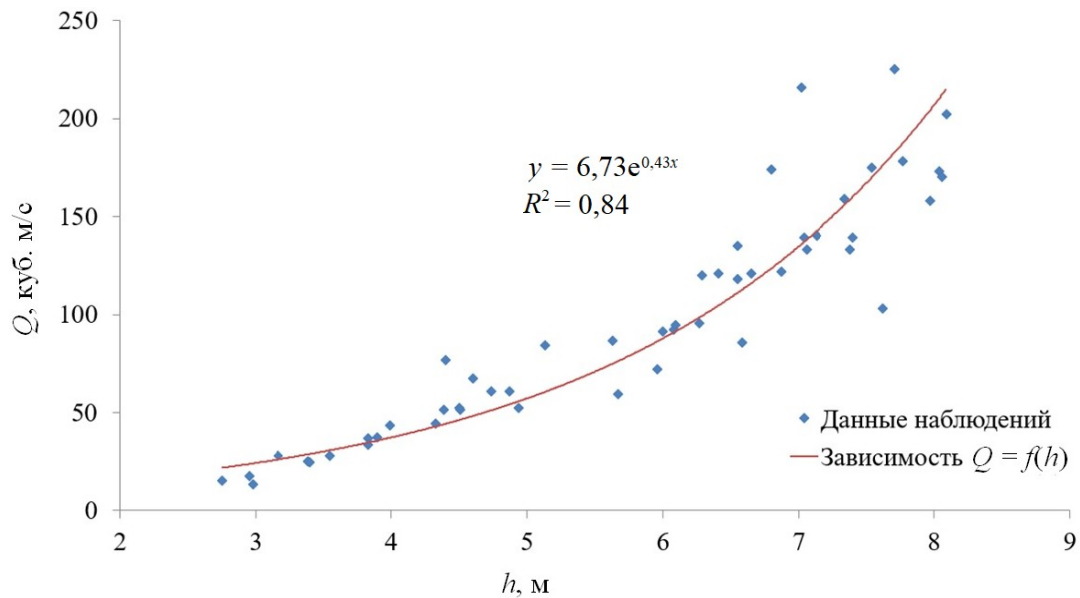
На рисунках 6, 7 представлены аналогичные данные по ГП 2 Матвеев Курган. В данном случае связь между максимальными расходами и уровнями воды выше, погрешность составила 16 %. Превышение максимального уровня над среднегодовым составляет 6,86 м.



$H_{\text{макс}}$  – максимальный уровень воды 1 % обеспеченности, м;  
 $H_{\text{ср}}$  – среднегодовое значение уровня воды, м;  $L$  – расстояние, м  
 $H_{\text{max}}$  – maximum water level 1 % of supply, m;  
 $H_{\text{av}}$  – long-term annual average water level, m;  $L$  – distance, m

**Рисунок 6 – Поперечное сечение русла в створе гидрологического поста 2**

**Figure 6 – Cross section of the channel at the hydrological station 2 section**



$Q$  – расход воды, м<sup>3</sup>/с;  $h$  – наблюдаемый уровень воды, м  
 $Q$  – water flow, m<sup>3</sup>/s;  $h$  – observed water level, m

**Рисунок 7 – График зависимости  $Q = f(h)$  в створе гидрологического поста 2**

**Figure 7 – Dependency graph  $Q = f(h)$  at the hydrological station 2 section**

Сопоставление рядов наблюдений на ГП 2 показывает такое же несоответствие максимального уровня и расхода воды (таблица 3).

**Таблица 3 – Сопоставление уровней и расходов воды на гидрологическом посту 2**

**Table 3 – Comparison of water levels and flow rates at the hydrological station 2**

Год наблюдения	Уровень воды		Расход воды	
	$H_{\text{макс}}$ , м	$P$ , %	$Q_{\text{макс}}$ , м <sup>3</sup> /с	$P$ , %
1985	8,09	2,00	202,00	6,00
1964	7,71	12,00	225,00	2,00

В данном случае максимальный уровень воды зафиксирован в 1985 г. при расходе 202 м<sup>3</sup>/с, соответствующем 6 % обеспеченности. Максимальный расход наблюдался в 1964 г. при уровне воды на 0,38 м ниже максимального, что соответствует 12 % обеспеченности.

Этот результат является весьма интересным, потому как в теории принято считать, что максимальный расход соответствует наивысшему уровню. В данном случае это не соответствует действительности. Одной из причин такого результата может быть погрешность измерений. Не исклю-

чены и природные составляющие: заторы из деревьев и мусора, засорение водопропускных гидротехнических сооружений и т. д.

Третий этап – анализ гидрологических рядов. Еще одним интересным вопросом является синхронность прохождения максимальных расходов по всей протяженности реки. Для этого сопоставим зафиксированные на двух гидропостах максимальные расходы по годам (таблица 4).

**Таблица 4 – Результаты сопоставления максимальных расходов воды по годам**

**Table 4 – Results of comparison of maximum water flows by year**

Исследуемый параметр	Наименование гидропоста			
	ГП 1	ГП 2	ГП 1	ГП 2
Год наблюдения	1970		1964	
Максимальный расход воды, м <sup>3</sup> /с	180,00	158,00	148,00	225,00
Обеспеченность, %	2,00	19,00	8,00	2,00
Превышение над максимальным среднегодовым расходом, м <sup>3</sup> /с	116,53	61,18	84,53	128,18

В данном случае абсолютной синхронности не наблюдается. Максимальный расход в 1970 г. на ГП 1 был выше, чем на ГП 2, который расположен ниже по течению, с площадью водосбора, превышающей площадь водосбора ГП 1 в два раза. При этом на данном участке реки отсутствуют русловые гидротехнические сооружения, способные перехватить часть стока. Снижение расхода, вероятно, произошло за счет снижения скоростей течения при выходе воды в пойму реки.

По уровням воды разбросы менее значительны и также наблюдается небольшая асинхронность данных (таблица 5).

**Таблица 5 – Результаты сопоставления максимальных уровней воды по годам**

**Table 5 – Results of comparison of maximum water levels by year**

Исследуемый параметр	Наименование гидропоста			
	ГП 1	ГП 2	ГП 1	ГП 2
Год наблюдения	1979		1985	
Максимальный уровень воды, м	31,78	8,06	31,18	8,09
Обеспеченность, %	2,00	4,00	6,00	2,00
Превышение над максимальным среднегодовым уровнем, м	6,18	6,83	5,58	6,86

Представленный выше анализ подтверждает гипотезу об асинхронности максимальных расходов по всей протяженности реки. Если для больших рек это весьма очевидно, то для малых и средних не совсем. Тем более если на реке отсутствуют подпорные гидротехнические сооружения.

Четвертый этап – анализ расчетных данных. Сегодня приобретение гидрологических рядов является весьма затратной статьей расхода, и поэтому нередко для одной реки с несколькими гидропостами приобретают один ряд значений максимальных расходов (уровней) воды и среднее значение расходов (уровней) воды по другому гидропосту. По ряду наблюдений рассчитываются коэффициенты вариации и асимметрии, по соотношению которых, согласно методике, из таблицы выбираются ординаты трехпараметрического гамма-распределения, они используются для перехода к заданной обеспеченности. Имея средний расход (из максимальных) в расчетном створе, умножают его на полученный коэффициент, и таким образом рассчитывается расход необходимой обеспеченности для всех гидропостов. В связи с этим возникает сомнение в точности такого метода.

Дальнейшие исследования выполнены для проработки этого вопроса. По результатам обработки рядов получены коэффициенты вариации ( $C_v$ ) и асимметрии ( $C_s$ ), которые представлены в таблице 6, где  $Q_{ср}$  – средний расход из ряда максимальных значений;  $Q_{макс}$  – максимальный расход 1 % обеспеченности;  $Q_{мин}$  – минимальный расход из ряда максимальных значений;  $H_{ср}$  – средний уровень воды из ряда максимальных значений;  $H_{макс}$  – максимальный уровень воды 1 % обеспеченности;  $H_{мин}$  – минимальный уровень воды из ряда максимальных значений.

**Таблица 6 – Расчетные параметры по исследуемым гидрологическим постам**

**Table 6 – Calculated parameters for the studied hydrological stations**

Наименование гидропоста	Расход					Уровень				
	$Q_{ср}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{макс}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{мин}$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$C_s$	$H_{ср}$ , м	$H_{макс}$ , м	$H_{мин}$ , м	$C_v$	$C_s$
ГП 1	63,46	180,00	5,02	0,70	0,72	29,17	31,78	25,99	0,05	-0,44
ГП 2	96,82	225,00	13,4	0,59	0,39	5,72	8,09	2,75	0,28	-0,24

В данном случае стоит отметить, что максимальный расход превышает минимальный на ГП 1 в 35 раз, а на ГП 2 – в 17 раз. Перепад уровней на ГП 1 составляет 5,79 м, на ГП 2 – 5,34 м. Соотношение коэффициентов вариации и асимметрии по расходам следующее: для ГП 1  $C_s = C_v$ , для ГП 2  $C_s = 0,5 C_v$ .

Далее для примера представим, насколько отличаются модульные коэффициенты при расчете 1 % обеспеченности для исследуемых гидростов.

При  $C_s = C_v$  (ГП 1) модульный коэффициент 1 % обеспеченности равен 2,97, при  $C_s = 0,5 C_v$  (ГП 2) – 2,54. Получается, что если использовать соотношение от ГП 1 для ГП 2, то ошибка в расчете составит 17 %, аналогичная ситуация и при использовании данных ГП 2 для ГП 1. В абсолютных величинах это выглядит следующим образом: максимальный расход 1 % обеспеченности ГП 1 при обработке ряда наблюдений составляет 188 м<sup>3</sup>/с, а при использовании модульных коэффициентов ГП 2 – 161 м<sup>3</sup>/с. Для ГП 2 максимальный расход по ряду наблюдений – 245 м<sup>3</sup>/с, по коэффициентам ГП 1 – 287 м<sup>3</sup>/с. В результате при использовании такого метода получаем занижение абсолютных значений расхода в верхнем течении и увеличение в нижнем.

Что касается уровней воды, то в данном случае модульные коэффициенты будут следующими: для ГП 1 – 1,07, для ГП 2 – 1,605. Если использовать такую же методику для уровней воды, то в относительных значениях получим следующие результаты: уровень воды 1 % обеспеченности при обработке ряда наблюдений по ГП 1 составил 32,2 м, при расчете по модульному коэффициенту ГП 2 – 46,83 м. По расчетным данным ГП 2 уровень воды 9,18 м, по коэффициентам ГП 1 – 6,2 м. В результате получаем значительные расхождения, которые свидетельствуют о невозможности применения такого метода для расчета уровней воды.

## **Выводы**

1 Результаты четырехэтапного исследования показывают асинхронность прохождения максимальных расходов воды редкой повторяемости по всей протяженности р. Миус.

2 При сопоставлении максимальных параметров по годам выявлено, что максимальный уровень, зафиксированный на гидропосту, не соответствует максимальному расходу. На ГП 1 максимальный уровень воды наблюдался в 1979 г. и соответствовал 2 % обеспеченности, при этом в том же году расход  $151 \text{ м}^3/\text{с}$  соответствовал 6 % обеспеченности, наибольший расход зафиксирован в 1970 г. и был выше на  $30 \text{ м}^3/\text{с}$ , уровень воды соответствовал 4 % обеспеченности и был ниже на 0,49 м; на ГП 2 максимальный уровень воды зафиксирован в 1985 г. при расходе  $202 \text{ м}^3/\text{с}$ , соответствующем 6 % обеспеченности, максимальный расход наблюдался в 1964 г. при уровне воды на 0,38 м ниже максимального, что соответствует 12 % обеспеченности.

3 Приведенные в статье материалы подтверждают, что использование коэффициентов вариации и асимметрии ГП 1 для среднесноголетних значений ГП 2 не совсем корректно, несмотря на то, что расположены они на одной реке на достаточно близком расстоянии. Особенно это касается уровней воды.

## **Список источников**

1. Алексеевский Н. И., Фролова Н. Л. Безопасность водопользования в условиях маловодий // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2011. № 6. С. 6–17. DOI: 10.35567/1999-4508-2011-6-1. EDN: ONRVSV.

2. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик / под ред. Т. С. Шмидт. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. 449 с.

3. Повалишников Е. С. Миус [Электронный ресурс]. URL: [https://water-ef.ru/Водные\\_объекты/3449/Миус](https://water-ef.ru/Водные_объекты/3449/Миус) (дата обращения: 29.11.2023).

4. Орлов А. И. Устойчивые экономико-математические методы и модели: монография. М.: Ай Пи Ар Медиа, 2022. 337 с. EDN: MRZFXI.

5. Рыжаков А. Н. Сравнительный анализ цифровых моделей рельефа, созданных на основе данных радарной и геодезической съемок // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 3(63). С. 18–23. EDN: WMHKIP.

6. Пашков С. В., Мажитова Г. З. Применение ГИС-технологий и аэрофотосъемки для геоинформационного картографирования и моделирования рельефа агроландшафтов // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2020. Т. 34. С. 82–95. DOI: 10.26516/2073-3402.2020.34.82. EDN: YTWCKJ.

7. Оценка площади водосбора водоемов с помощью ГИС / Н. А. Решин, Ю. С. Власов, Л. А. Тимофеева, А. В. Сикан // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: тр. VII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, г. Пермь, 30 мая – 2 июня 2019 г. Т. 3. Пермь: ПГНИУ, 2019. С. 209–212. EDN: HNLIMN.

8. The shuttle radar topography mission / T. G. Farr, S. Hensley, E. Rodriguez, J. Martin, M. Kobrick // CEOS SAR Workshop, Toulouse, 26–29 Oct. 1999. Noordwijk, 2000. P. 361–363.

9. Конопацкий Е. В., Чернышева О. А., Кокарева Я. А. Моделирование поверхности рельефа местности на основе спутниковых данных SRTM // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2019. № 6(180). С. 23–31. DOI: 10.14489/vkit.2019.06.pp.023-031. EDN: QPDXAO.

10. Мелиорация и водное хозяйство: справочник. Т. 5. Водное хозяйство / И. И. Бородавченко [и др.]; под ред. И. И. Бородавченко. М.: Агропромиздат, 1988. 398 с.

11. Железняков Г. В., Неговская Т. А., Овчаров Е. Е. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока / под ред. Г. В. Железняка. М.: Колос, 1984. 205 с.

12. Сикан А. В., Щеглов Д. А. Оценка погрешностей выборочных параметров распределения гидрологических рядов // Четвертые Виноградовские чтения. Гидрология от познания к мировоззрению: сб. докл. Междунар. науч. конф. памяти выдающегося рус. ученого Юрия Борисовича Виноградова, г. Санкт-Петербург, 23–31 окт. 2020 г. / СПбГУ. СПб.: Изд-во ВВМ, 2020. С. 530–535. EDN: SQBBIW.

13. Сикан А. В., Тихомирова А. А. Оценка эффективности метода L-моментов при расчетах параметров распределения максимального паводочного стока // Современные проблемы гидрометеорологии и устойчивого развития Российской Федерации: сб. тез. Всерос. науч.-практ. конф., г. Санкт-Петербург, 14–15 марта 2019 г. СПб.: РГГМУ, 2019. С. 280–282. EDN: VXWQSY.

14. Сикан А. В. Особенности кривой обеспеченностей Крицкого – Менкеля и ее использование в практике гидрологических расчетов // Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития: тр. III Всерос. конф., г. Санкт-Петербург, 16–17 дек. 2019 г. СПб.: Химиздат, 2019. С. 790–794. EDN: UBSHCS.

## References

1. Alekseevsky N.I., Frolova N.L., 2011. *Bezopasnost' vodopol'zovaniya v usloviyakh malovodiy* [Safety of water use in conditions of low water]. *Vodnoe khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie* [Water Management of Russia: Problems, Technologies, Management], no. 6, pp. 6-17, DOI: 10.35567/1999-4508-2011-6-1, EDN: ONRVSV. (In Russian).

2. Schmidt T.S. (ed.), 1984. *Posobie po opredeleniyu raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik* [Manual on Determination of the Calculated Hydrological Characteristics]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 449 p. (In Russian).

3. Povalishnikova E.S. *Mius* [Mius], available: [https://water-rf.ru/Water\\_objects/3449/Mius](https://water-rf.ru/Water_objects/3449/Mius) [accessed 29.11.2023]. (In Russian).

4. Orlov A.I., 2022. *Ustoychivye ekonomiko-matematicheskie metody i modeli: monografiya* [Sustainable Economic and Mathematical Methods and Models: monograph]. Moscow, IPR Media Publ., 337 p., EDN: MRZFXI. (In Russian).

5. Ryzhakov A.N., 2016. *Sravnitel'nyy analiz tsifrovyykh modeley rel'efa, sozdannykh na osnove dannykh radarnoy i geodezicheskoy s"emok* [Comparative analysis of digital terrain models created on the basis of radar and geodetic survey data]. *Puti povysheniya effektivnosti*



*oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 3(63), pp. 18-23, EDN: WMHKIP. (In Russian).

6. Pashkov S.V., Mazhitova G.Z., 2020. *Primenenie GIS-tekhnologiy i aerofotos"emki dlya geoinformatsionnogo kartografirovaniya i modelirovaniya rel'efa agrolandshaftov* [Application of GIS technologies and aerial photography for geoinformation mapping and modeling of relief of agroland landscapes]. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Nauki o Zemle* [Bull. of Irkutsk State University. Series: Earth Sciences], vol. 34, pp. 82-95, DOI: 10.26516/2073-3402.2020.34.82, EDN: YTWCKJ. (In Russian).

7. Reshin N.A., Vlasov Yu.S., Timofeeva L.A., Sikan A.V., 2019. *Otsenka ploshchadi vodosbora vodoemov s pomoshch'yu GIS* [Estimation of catchment area of water reservoirs using GIS]. *Sovremennye problemy vodokhranilishch i ikh vodosborov: trudy VII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Modern Problems of Reservoirs and Their Catchments: Proc. of the VII All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation]. Perm, Perm State National Research University, vol. 3, pp. 209-212, EDN: HNLIMN. (In Russian).

8. Farr T.G., Hensley S., Rodriguez E., Martin J., Kobrick M., 2000. The shuttle radar topography mission. CEOS SAR Workshop, Toulouse, 26-29 Oct. 1999. Noordwijk, 2000, pp. 361-363.

9. Konopatsky E.V., Chernysheva O.A., Kokareva Ya.A., 2019. *Modelirovanie poverkhnosti rel'efa mestnosti na osnove sputnikovykh dannykh SRTM* [Modeling the relief surface based on SRTM satellite data]. *Vestnik komp'yuternykh i informatsionnykh techno-logiy* [Bulletin of Computer and Information Technologies], no. 6(180), pp. 23-31, DOI: 10.14489/vkit.2019.06.pp.023-031, EDN: QPDXAO. (In Russian).

10. Borodavchenko I.I. [et al.], 1988. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo: spravochnik. T. 5. Vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Industry. Vol. 5. Water Management: reference book]. Moscow, Agropromizdat Publ., 398 p. (In Russian).

11. Zheleznyakov G.V., Negovskaya T.A., Ovcharov E.E., 1984. *Gidrologiya, gidrometriya i regulirovanie stoka* [Hydrology, Hydrometry and Flow Regulation]. Moscow, Kolos Publ., 205 p. (In Russian).

12. Sikan A.V., Shcheglov D.A., 2020. *Otsenka pogreshnostey vyborochnykh parametrov raspredeleniya gidrologicheskikh ryadov* [Estimation of errors of sample parameters of the distribution of hydrological series]. *Chetvertye Vinogradovskie chteniya. Gidrologiya ot poznaniya k mirovozzreniyu: sb. dokl. Mezhdunaridnoy nauchnoy konferentsii pamyati vydayushchegosya russkogo uchenogo Yuriya Borisovicha Vinogradova* [Fourth Vinogradov Readings. Hydrology from Knowledge to Worldview: Collection of Reports of International Scientific Conference in Memory of the Outstanding Russian Scientist Y. B. Vinogradov]. St. Petersburg State University, St. Petersburg, VVM Publ., pp. 530-535, EDN: SQBBIW. (In Russian).

13. Sikan A.V., Tikhomirova A.A., 2019. *Otsenka effektivnosti metoda L-momentov pri raschetakh parametrov raspredeleniya maksimal'nogo pavodochnogo stoka* [Evaluating the effectiveness of the L-moment method in calculating the parameters of the distribution of maximum floods]. *Sovremennye problemy gidrometeorologii i ustoychivogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii: sb. tez. Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Modern Problems of Hydrometeorology and Sustainable Development of the Russian Federation: Collection of Abstracts of All-Russian Scientific-Practical Conference]. St. Petersburg, RGGMU, pp. 280-282, EDN: VXWQSY. (In Russian).

14. Sikan A.V., 2019. *Osobennosti krivoy obespechennostey Kritskogo – Menkelya i yee ispol'zovanie v praktike gidrologicheskikh raschetov* [Features of the distribution of Kritsky-Menkel and its use in the practice of hydrological design]. *Gidrometeorologiya i ekologiya: dostizheniya i perspektivy razvitiya: tr. III Vserossiyskoy konferentsii* [Hydromete-

orology and Ecology: Achievements and Development Prospects: Proc. of the III All-Russian Conference]. St. Petersburg, Khimizdat Publ., pp. 790-794, EDN: UBSHCS. (In Russian).

---

***Информация об авторах***

**Т. С. Пономаренко** – научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, [ponomarenko.taisia@yandex.ru](mailto:ponomarenko.taisia@yandex.ru), AuthorID: 619318, ORCID ID: 0000-0002-2003-1686;

**Д. В. Мартынов** – младший научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, [dimas-8901@rambler.ru](mailto:dimas-8901@rambler.ru), AuthorID: 861395, ORCID ID: 0000-0003-4797-8973.

***Information about the authors***

**T. S. Ponomarenko** – Researcher, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, [ponomarenko.taisia@yandex.ru](mailto:ponomarenko.taisia@yandex.ru), AuthorID: 619318, ORCID ID: 0000-0002-2003-1686;

**D. V. Martynov** – Junior Researcher, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, [dimas-8901@rambler.ru](mailto:dimas-8901@rambler.ru), AuthorID: 861395, ORCID ID: 0000-0003-4797-8973.

*Вклад авторов: Таисия С. Пономаренко произвела обзор источников, собрала и обработала данные, проанализировала результаты, написала статью. Дмитрий В. Мартынов произвел обзор источников, собрал и обработал данные, участвовал в написании статьи.*

*Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

*Contribution of the authors: Taisiya S. Ponomarenko reviewed the sources, collected and processed the data, analyzed the results, and wrote an article. Dmitry V. Martynov reviewed the sources, collected and processed the data, and participated in writing the article.*

*All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 08.12.2023; одобрена после рецензирования 06.02.2024; принята к публикации 08.02.2024.*

*The article was submitted 08.12.2023; approved after reviewing 06.02.2024; accepted for publication 08.02.2024.*