

Оригинальная статья

УДК 556.06 (571.65)

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-2-92-97>

МНОГОЛЕТНИЕ КОЛЕБАНИЯ ГОДОВОГО СТОКА РЕК НА ПОБЕРЕЖЬЕ ЗАЛИВА КРЕСТА

М.В. Ушаков

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук; Магадан, Российская Федерация
mvilorich@narod.ru; ORCID: 0000-0003-1731-7541

Аннотация. На побережье залива Креста (Чукотка) сточные воды п. Эгвекино и аэропорта сбрасываются в речную сеть и залив без очистки. В исследованиях ставилась цель изучить характер многолетних колебаний годового стока рек залива Креста. По годовым суммам осадков и вычисленным величинам испарения с поверхности суши были удлинены ряды годового стока рек Нырвакнотвээм и Изыскательский. Исследования показали, что ряд среднегодовой температуры воздуха в пункте Эгвекино имеет статистически значимый положительный тренд. Колебания годовых сумм атмосферных осадков, испарения и слоев годового стока не содержат трендов. Спектральный анализ выявил в колебаниях годового стока статистически значимые гармоники на периодах 4, 6 и 7 лет. Было получено гармоническое уравнение, при помощи которого можно прогнозировать колебания годового стока рек залива Креста. Результаты будут полезны при проектировании и эксплуатации очистных сооружений сточных вод и рациональном использовании водных ресурсов.

Ключевые слова: годовой сток, испарение, спектральный анализ временного ряда, прогноз

Формат цитирования: Ушаков М.В. Многолетние колебания годового стока рек на побережье залива Креста. Природообустройство. 2026;Т.19(2):92-97. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-2-92-97>

Original article

LONG-TERM FLUCTUATIONS IN THE ANNUAL FLOW OF RIVERS ON THE COAST OF THE BAY OF THE CROSS

M.V. Ushakov

North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute n.a. N.A. Shilo, Far East Branch, Russian Academy of Sciences, Russian Federation

¹mvilorich@narod.ru; ORCID: 0000-0003-1731-7541

Abstract. On the coast of the Bay of the Cross (Chukotka), wastewater from the village of Ekvekinot and the airport is discharged into the river network and the bay without treatment. The goal of the study was to study the nature of long-term fluctuations in the annual flow of the rivers of the Bay of the Cross. Based on annual precipitation amounts and calculated evaporation values from the land surface, the series of annual runoff of the Nyrvaknotveem and Izyskatelsky rivers were extended. The study showed that the series of average annual air temperature at Egvekinot has a statistically significant positive trend. Fluctuations in annual precipitation amounts, evaporation, and annual runoff layers do not contain trends. Spectral analysis revealed statistically significant harmonics in fluctuations in annual runoff over periods of 4, 6, and 7 years. A harmonic equation was obtained that can be used to predict fluctuations in the annual runoff of the rivers of the Bay of the Cross. The results will be useful in the design and operation of wastewater treatment plants and the rational use of water resources.

Keywords: annual runoff, evaporation, time series spectral analysis, forecast

Citation format: Ushakov M.V. Long-term fluctuations in the annual flow of rivers on the coast of the Bay of Cross. *Prirodobustroystvo*. 2026;19(2):92-97. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-2-92-97>

Введение. Залив Креста – часть Анадырского залива Берингова моря у южного берега Чукотского полуострова, административно относящийся к городскому округу Эгвекино Чукотского автономного округа Российской Федерации.

На берегу залива Креста располагается одноименный аэропорт и п. Эгвекино. Водоснабжение Эгвекино и аэропорта осуществляется из двух скважин с суммарным дебетом 18000 м³ в сутки [1].

Водоотведение производится в выгребные ямы, далее сточные воды сбрасываются в ручей Изыскательский и залив Креста без очистки. Текущая система не способна обеспечить соблюдение нормативов качества очистки сточных вод по всем показателям [1]. Поэтому полезной является информация о режиме речного стока, который снижает концентрации загрязняющих веществ как в реках, так и в заливе.

Цель исследований: получить представление о характере многолетних колебаний годового стока рек в бассейне залива Креста.

В связи с глобальным потеплением климата [2] происходят изменения в гидрологическом режиме рек [3-5], поэтому изучение многолетних колебаний гидрологических характеристик приобретает еще большее научное значение.

Побережье залива Креста расположено в субарктическом поясе с продолжительной морозной зимой и прохладным летом, в зоне тундр.

Внутригодовое распределение стока является крайне неравномерным [6]. Зимой все реки промерзают до дна. Весеннее половодье начинается в конце мая – начале июня и заканчивается в июле. Летняя межень прерывается дождевыми паводками. В октябре реки уходят в зиму, и в ноябре сток прекращается совсем.

Материалы и методы исследований. В районе исследований работали два гидрологических поста, изучавших речной сток (табл. 1). Годичные величины годового стока были взяты из справочников и гидрологических ежегодников Государственного водного кадастра. В 90-е гг. прошлого века наблюдения на этих постах были прекращены.

Пропуски в последовательности значений слоя стока на р. Нырвакиновтвээм, 6 км от устья, были восстановлены по данным гидрологического поста руч. Изыскательский – 1,6 км от устья – методом гидрологической аналогии [8].

Многолетние данные о температуре воздуха и атмосферных осадках на метеостанции Эгвекинот были получены на сайте Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных [9].

Вычисление годичных величин испарения с поверхности суши за гидрологический год производилось по методу В.С. Мезенцева, когда учитываются сумма положительных среднемесячных температур воздуха и годовая сумма атмосферных осадков [10].

Анализ рядов на наличие тренда выполнялся с помощью оценки статистической значимости коэффициента регрессии связи анализируемой величины с временем [11] и критерия Стьюдента на уровне значимости 5%.

В работе использовался регрессионный анализ.

Для изучения частотной структуры многолетних колебаний годового стока применялся спектральный анализ. Спектральная плотность рассчитывалась с использованием весовой функции Хемминга [12]:

$$S(T) = 1 / 2\pi + \sum_{\tau=1}^m [(0,54 + 0,46 \cos(\pi \tau / m)) r(\tau) \cos(2\pi \tau / T)] / \pi, \quad (1)$$

где T – период ($T = 1, 2, \dots, m$ лет); τ – сдвиг по времени с дискретностью 1 год; m – максимальный сдвиг по τ ($m = n/2$ лет); n – длина ряда; $r(\tau)$ – ординаты автокорреляционной функции.

Аналитическая аппроксимация колебаний стока производилась при помощи гармонического уравнения.

Результаты и их обсуждение. Анализ среднегодовой температуры воздуха, годовой суммы атмосферных осадков, испарения с поверхности суши за год в пункте Эгвекинот на внутрирядную однородность показал, что все ряды однородны по среднему и дисперсии (табл. 1). Исключение составляет ряд среднегодовых температур воздуха, который содержит статистически значимый тренд на повышение (рис. 1, табл. 2).

Слои годового стока рек залива Креста хорошо связаны с разностью между годовой суммой осадков и испарения за год $P-E$ (рис. 2):

$$H_1 = 1,19(P - E) + 191, r = 0,72; \quad (2)$$

$$H_2 = 1,51(P - E) + 506, r = 0,72, \quad (3)$$

где H_1, H_2 – слои годового стока на р. Нырвакиновтвээм (6 км от устья) и на ручье Изыскательский (1,6 км от устья) соответственно, мм; P – годовая сумма осадков, мм; E – испарение за год, мм; r – коэффициент корреляции.

Таблица 1. Гидрологические посты на побережье залива Креста [7]

Table 1. Hydrological posts on the coast of the Bay of the Cross [7]

Река – пункт / The river – a point	Площадь водосбора, км ² / Catchment area, km ²	Средняя высота водосбора, м / Average catchment height, m	Годы наблюдений за стоком / Years of runoff observations
р. Нырвакиновтвээм – 6 км от устья / Nyrvakinetveem River – 6 km from the mouth	207	550	1950-1965, 1968-1980, 1982-1998
руч. Изыскательский – 1,6 км от устья / stream Izyskatelsky – 1.6 km from the mouth	13,2	430	1947-1995

Таблица 2. Статистические характеристики элементов гидрометеорологического режима на побережье залива Креста

Table 2. Statistical characteristics of the elements of the hydrometeorological regime on the coast of the bay of the Cross

Элемент режима / Mode element	Длина ряда, лет / Series length, years	Среднее / Average	Средне-квадратичное отклонение / Mean standard deviation	Однородность ряда / Homogeneity of the series	
				по среднему / by average	по дисперсии / by dispersion
Среднегодовая температура воздуха, °C / Average annual air temperature, °C	62	-5,4	1,4	Неоднороден / heterogeneous	Однороден / homogeneous
Сумма осадков за год, мм / Annual precipitation, mm	55	555	150	однороден / homogeneous	Однороден / homogeneous
Испарение за год, мм / Evaporation per year, mm	54	336	44	однороден / homogeneous	Однороден / homogeneous
Годовой слой стока р. Нырвакинтвээм – 6 км от устья, мм / The annual runoff layer of the Nyrvakintveem River is 6 km from the mouth, mm	55	450	167	однороден / homogeneous	Однороден / homogeneous
Годовой слой стока руч. Изыскательский – 1,6 км от устья / The annual flow layer of the stream. Izyskatelsky – 1.6 km from the mouth, mm	55	831	208	Однороден / homogeneous	однороден / homogeneous
Динамическое среднее годового слоя стока / Dynamic average of annual runoff layer	53	0,04	1,01	однороден / homogeneous	однороден / homogeneous

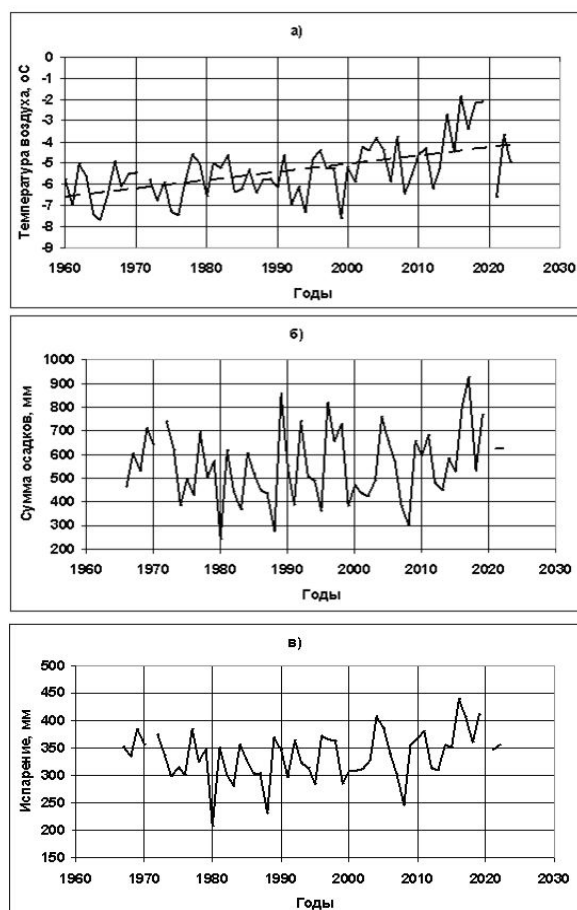


Рис. 1. Многолетние колебания

среднегодовой температуры воздуха (а), годовой суммы атмосферных осадков (б), испарения с поверхности суши за год (в)

в Эгвекиноте (пунктиром обозначена линия тренда)

Fig. 1. Long-term fluctuations of the average annual air temperature (a), annual precipitation (b), evaporation from the land surface per year (c) in Egvekinot (The trend line is drawn with a dotted line)

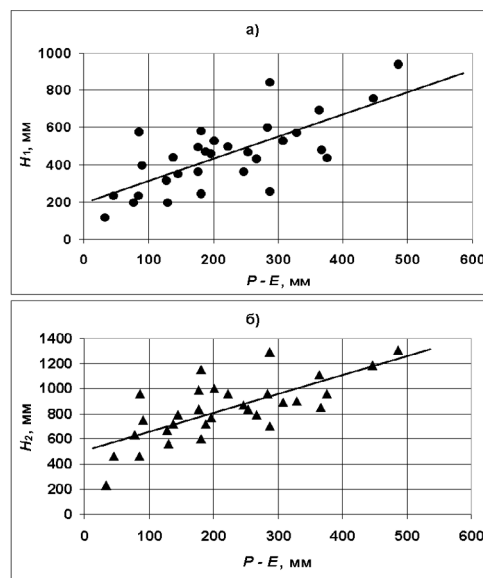


Рис. 2. Связи слоев годового стока на р. Нырвакинтвээм, 6 км от устья H_1 (а), и на ручье Изыскательский, 1,6 км от устья H_2 (б), с разностью между годовой суммой осадков и испарением за год $P-E$

Fig. 2. Connections between the layers of annual runoff on the Nyrvakintveem River – 6 km from the mouth of H_1 (a) and on the stream Izyskatelsky – 1.6 km from the mouth H_2 (b) with the difference between the annual amount of precipitation and evaporation for the year $P-E$

С использованием формул (2) и (3) были восстановлены погоди́чные величины стока с 1996 г. (руч. Изыскательский) и с 1999 г. (р. Нырвакинтвээм) по 2022 г. Для исключения систематического уменьшения дисперсии восстановленных данных вводились поправки в значения стока в соответствии с работой [8].

Ряды стока не содержат трендов (табл. 2, рис. 3).

По рядам слоев стока была рассчитана последовательность динамической средней, взвешенной по площади водосбора (рис. 3б):

$$F_i = (A_1 f_{1,i} + A_2 f_{2,i}) / (A_1 + A_2), \quad (4)$$

где i – годы; A_1, A_2 – площади водосборов р. Нырвакинотвээм – 6 км от устья и на руч. Изыскательский – 1,6 км от устья соответственно, км²; $f_{1,i}, f_{2,i}$ – слои годового стока, выраженные в стандартных отклонениях.

Такое преобразование позволяет частично убрать «белый шум» в колебаниях исследуемой величины.

Спектральный анализ показал, что динамическая средняя содержит статистически значимые гармоники на периодах 4, 6 и 7 лет (рис. 4). С вероятностью 95% можно утверждать, что многолетние колебания годового стока рассматриваемой территории соответствуют статистической модели сложной цепи Маркова [13], а значит, величина стока может быть прогнозируемой.

На основе выделенных гармоник можно получить аналитическую аппроксимацию колебаний стока следующего вида:

$$F_i^* = \tilde{F}_i + \sum_{j=1}^m (a_j \cos(2\pi(i + l_j) / T_j)), \quad (5)$$

где i – год; $\tilde{F}_i$ – средний уровень динамической средней; m – количество гармоник; a_j – амплитуда j -й гармоники; l_j – сдвиг фазы по времени j -й гармоники; T_j – период j -й гармоники.

Определение амплитуд и фазовых сдвигов в (5) производилось по методу наименьших квадратов.

Итоговое уравнение будет выглядеть следующим образом:

$$F_i^* = 0,037 + 0,646 \cos(2\pi(i - 1965)/4) + 0,352 \cos(2\pi(i - 1961)/6) + 0,394 \cos(2\pi(i - 1962)/7). \quad (6)$$

Многолетние колебания динамической средней годового стока и ее аппроксимация до 2030 г. показаны на рисунке 5.

Уравнение (6) можно рассматривать как прогностическую формулу. Обоснованность проверочных прогнозов (табл. 3) составила 61,8%, отношение среднеквадратичной ошибки прогнозов к стандартному отклонению прогнозируемого ряда $S/\sigma = 0,79$. В соответствии с [14]

$$\sigma_{\text{доп}} = 0,674\sigma, \quad (7)$$

где σ – стандартное отклонение прогнозируемого ряда.

Переход от расчетной (прогнозной) динамической средней к величине слоя стока конкретного водотока можно произвести по формуле:

$$H_i^* = F_i^* \sigma + H, \quad (8)$$

где σ, H – стандартное отклонение и норма слоя годового стока конкретного водотока, определенного по натурным данным или по рекомендациям [8].

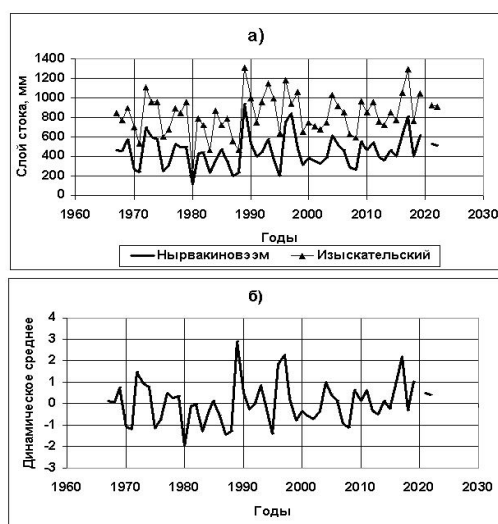


Рис. 3. Многолетние колебания слоя годового стока на р. Нырвакинотвээм, 6 км от устья, и на ручье Изыскательский, 1,6 км от устья (а), и динамической средней годового стока (б)

Fig. 3. Long-term fluctuations of the annual runoff layer on the Nyrvakintveem River – 6 km from the mouth and on the stream Izyskatelsky – 1.6 km from the mouth (a) and the dynamic average annual runoff (b)

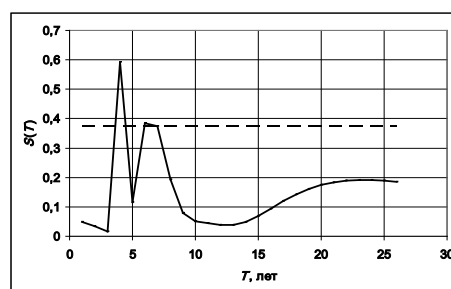


Рис. 4. Спектрограмма динамической средней годового стока рек залива Креста (пунктиром обозначен доверительный уровень 5%)

Fig. 4. Spectrogram of the dynamic average annual flow of the rivers of the Bay of the Cross (The dotted line shows the confidence level of 5%)

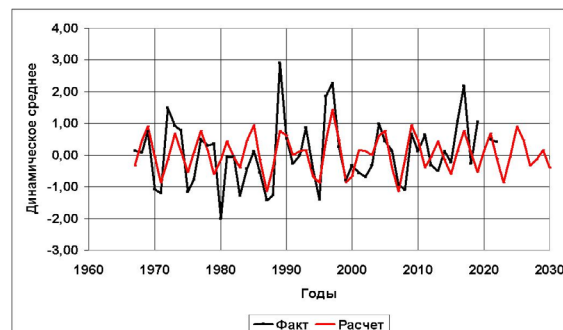


Рис. 5. Многолетние колебания динамической средней слоя годового стока рек, впадающих в залив Креста, и ее вычисленных значений

Fig. 5. Long-term fluctuations of the dynamic average layer of the annual flow of rivers flowing into the Bay of the Cross, and its calculated values

Таблица 3. Проверочные прогнозы динамической средней слоя годового стока рек залива Креста (допустимая ошибка $\sigma_{\text{дон}} = 0,68$)

Table 3. Verification forecasts of the dynamic mean layer of the annual flow of the rivers of the Bay of the Cross (permissible error $\sigma_{\text{дон}} = 0.68$)

Годы / Years	Динамическое среднее / Dynamic mean		Ошибка прогноза / Forecast error	Успешность прогноза / Forecast success
	Фактическое / actual	по прогнозу / by forecast		
1967	0,13	-0,34	0,48	Оправдался / Justified
1968	0,07	0,46	-0,38	Оправдался / Justified
1969	0,74	0,90	-0,16	Оправдался / Justified
1970	-1,07	-0,07	-1,01	Не оправдался / Not justified
1971	-1,20	-0,87	-0,33	Оправдался / Justified
1972	1,47	-0,14	1,62	Не оправдался / Not justified
1973	0,92	0,68	0,24	Оправдался / Justified
1974	0,79	0,13	0,66	Оправдался / Justified
1975	-1,16	-0,54	-0,62	Оправдался / Justified
1976	-0,76	0,08	-0,84	Не оправдался / Not justified
1977	0,50	0,75	-0,25	Оправдался / Justified
1978	0,29	0,13	0,17	Оправдался / Justified
1979	0,35	-0,61	0,97	Не оправдался / Not justified
1980	-2,00	-0,14	-1,86	Не оправдался / Not justified
1981	-0,07	0,42	-0,49	Оправдался / Justified
1982	-0,04	-0,07	0,03	Оправдался / Justified
1983	-1,28	-0,39	-0,89	Не оправдался / Not justified
1984	-0,44	0,46	-0,89	Не оправдался / Not justified
1985	0,12	0,95	-0,83	Не оправдался / Not justified
1986	-0,54	-0,14	-0,40	Оправдался / Justified
1987	-1,44	-1,14	-0,30	Оправдался / Justified
1988	-1,27	-0,40	-0,86	Не оправдался / Not justified
1989	2,91	0,75	2,15	Не оправдался / Not justified
1990	0,53	0,61	-0,08	Оправдался / Justified
1991	-0,27	-0,01	-0,26	Оправдался / Justified
1992	0,00	0,13	-0,13	Оправдался / Justified
1993	0,86	0,15	0,71	Не оправдался / Not justified
1994	-0,42	-0,67	0,25	Оправдался / Justified
1995	-1,42	-0,87	-0,54	Оправдался / Justified
1996	1,85	0,46	1,39	Не оправдался / Not justified
1997	2,27	1,43	0,84	Не оправдался / Not justified
1998	0,25	0,46	-0,21	Оправдался / Justified
1999	-0,79	-0,87	0,08	Оправдался / Justified
2000	-0,34	-0,67	0,33	Оправдался / Justified
2001	-0,56	0,15	-0,71	Не оправдался / Not justified
2002	-0,69	0,13	-0,82	Не оправдался / Not justified
2003	-0,34	-0,01	-0,33	Оправдался / Justified
2004	0,99	0,61	0,39	Оправдался / Justified
2005	0,44	0,75	-0,32	Оправдался / Justified
2006	0,13	-0,40	0,53	Оправдался / Justified
2007	-0,93	-1,14	0,21	Оправдался / Justified
2008	-1,10	-0,14	-0,95	Не оправдался / Not justified
2009	0,66	0,95	-0,29	Оправдался / Justified
2010	0,13	0,46	-0,33	Оправдался / Justified
2011	0,63	-0,39	1,02	Не оправдался / Not justified
2012	-0,32	-0,07	-0,25	Оправдался / Justified
2013	-0,50	0,42	-0,92	Не оправдался / Not justified
2014	0,12	-0,14	0,26	Оправдался / Justified
2015	-0,24	-0,61	0,37	Оправдался / Justified
2016	1,07	0,12	0,94	Не оправдался / Not justified
2017	2,19	0,75	1,44	Не оправдался / Not justified
2018	-0,28	0,08	-0,36	Оправдался / Justified
2019	1,04	-0,54	1,58	Не оправдался / Not justified
2020	—	0,12	-	—
2021	0,49	0,68	-0,19	Оправдался / Justified
2022	0,42	-0,14	0,56	Оправдался / Justified

Выводы

Анализ рядов годовых сумм осадков и испарения с поверхности суши за год на побережье залива Креста показал, что эти ряды не содержат трендов.

Для реки Нырвакиновтвээм, ручья Изыска-тельский установлены связи слоев годового стока с разностью между годовой суммой осадков и испарения за год. При помощи этих уравнений ряды наблюдений за стоком были удлинены. Восстановленные ряды не содержат тренда и имеют гармоники на периоде 4, 6 и 7 лет. Это позволяет сделать

вывод о том, что многолетние колебания стока представляют собой сложный марковский процесс.

На основе выделенных гармоник удалось получить гармоническое уравнение для предвычисления колебаний годового стока рек залива Креста, которое обеспечивает удовлетворительное качество.

Результаты работы будут полезны при долгосрочном планировании мероприятий по снижению уровня загрязнения вод рек и залива Креста – например, при проектировании и эксплуатации очистных сооружений.

Список использованных источников

1. Об утверждении схем водоснабжения и водоотведения городского округа Эгвекинот. [Электронный ресурс]. URL: https://эгвекинот.рф/inoва_block_documentset/document/271642/.
2. WMO statement on the status of the global climate in 2015. WMO-No. 1167. Geneva: Publications Board World Meteorological Organization, 2016. 26 p.
3. Гельфан А.Н., Фролова Н.Л., Магрицкий Д.В., Киреева М.Б. и др. Влияние изменения климата на годовой и максимальный сток рек России: оценка и прогноз // Фундаментальная и прикладная климатология. 2021. Т. 7, № 1. С. 36-79. EDN: JEMWYL
4. Сточкоте Ю.В., Василевская Л.Н. Многолетние изменения температуры воздуха и почвы на крайнем северо-востоке России // Географический вестник. 2016. № 2. С. 84-96. EDN: WGBLSB
5. Makarieva O., Nesterova N., Post D.A., Sherstyukov A. and Lebedeva L. Warming temperatures are impacting the hydrometeorological regime of Russian rivers in the zone of continuous permafrost, The Cryosphere. 2019. № 13. Pp. 1635-1659.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Северо-Восток. Л.: Гидрометеоиздат, 1969. Т. 19. 282 с.
7. Основные гидрологические характеристики. Северо-Восток. Л.: Гидрометеоиздат, 1978. Т. 19. 227 с.
8. СП 529.1325800.2023. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. М.: Минстрой России, 2023. 103 с.
9. Интернет-портал Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных. [Электронный ресурс]. URL: <http://meteo.ru/data/> (дата обращения: 12.03.2025).
10. Мезенцев В.С. Метод гидролого-климатических расчетов и опыт его применения для районирования Западно-Сибирской равнины по признакам увлажнения и теплообеспеченности // Труды ОмСХИ. 1957. Т. 27. 121 с.
11. Международное руководство по методам расчета основных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. 247 с.
12. Шелутко В.А. Численные методы в гидрологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 239 с.
13. Шелутко В.А. Статистические модели и методы исследования многолетних колебаний стока. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. 160 с.
14. Наставление по службе прогнозов. Разд. 3. Ч. I. Служба гидрологических прогнозов. Прогнозы режима вод суши. Л.: Гидрометеоиздат, 1962. 193 с.

Сведения об авторе

Михаил Вилорьевич Ушаков: канд. географических наук; ORCID: 0000-0003-1731-7541, PIIИЦ AuthorID68167; mvilorch@narod.ru

References

1. On approval of water supply and sanitation schemes for the urban district of Egvekinot. [Electronic resource]. URL: https://эгвекинот.рф/inoва_block_documentset/document/271642/.
2. WMO statement on the status of the global climate in 2015. WMO-No. 1167. Geneva: Publications Board World Meteorological Organization, 2016. 26 p.
3. Gelfan A.N., Frolova N.L., Magritsky D.V., Kireeva M.B., Grigoriev V.Yu., Motovilov Yu.G., Gusev E.M. Impact of climate change on the annual and maximum flow of rivers in Russia: assessment and forecast. Fundamental and Applied Climatology. 2021. Vol. 7, No. 1. P. 36-79. EDN: JEMWYL
4. Stochkute Yu.V., Vasilevskaya L.N. Long-term changes in air and soil temperature in the extreme north-east of Russia. Geographical Bulletin. 2016. № 2. P. 84-96. EDN: WGBLSB
5. Makarieva O., Nesterova N., Post D.A., Sherstyukov A. and Lebedeva L. Warming temperatures are impacting the hydrometeorological regime of Russian rivers in the zone of continuous permafrost, The Cryosphere, 13, 2019. P. 1635-1659.
6. Surface water resources of the USSR. V. 19. North-East. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1969. 282 p.
7. Main hydrological characteristics. V. 19. North-East. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ. 1978. 227 p.
8. Code of Practice 529.1325800.2023. Definition of the Main Calculated Hydrological Characteristics. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2023. 103 p.
9. Internet portal of Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Center. [Electronic resource]. URL: <http://meteo.ru/data/> (12.03.2025).
10. Mezentsev V.S. Method of hydrological and climatic calculations and experience of its application for zoning of the West Siberian Plain based on moisture and heat supply characteristics. Proceedings of Omsk Agricultural Institute. 1957. V. 27. 121 p.
11. International guide to methods of calculating basic hydrological characteristics. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ. 1984. 247 p.
12. Shelutko V.A. Numerical methods in hydrology]. (1991). L.: Gidrometeoizdat, 1991, 239 s. (in Russian)..
13. Shelutko V.A. Statistical models and methods for the study of perennial flow fluctuations. (1984). L.: Gidrometeoizdat, 160 s. (in Russian).
14. Manual for the Forecast Service. Section 3. Part I. Hydrological Forecast Service. Forecasts of the Land Water Regime. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ. 1962. 193 p.

About the Author

Mikhail V. Ushakov: CSs (Geogr); ORCID: 0000-0003-1731-7541, RSCI AuthorID68167; mvilorch@narod.ru

Поступила в редакцию / Received 21.05.2025
Поступила после рецензирования / 18.02.2026
Принята к публикации / Accepted 20.02.2026