



Научная статья  
УДК 519.25:627.8

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТМЕТКИ ДНА РЕКИ МАМОНОВКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЙ ИЗ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЕЖЕГОДНИКОВ

В.А. Наумов<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

\*E-mail: [van-old@mail.ru](mailto:van-old@mail.ru)

**Аннотация.** Методика оценки положения нижней отметки дна в створе водотока по результатам измерений из гидрологических ежегодников предложена в статье. Оценка нижней отметки дна реки Мамоновки в створе города Мамонovo Z (1960-1972) была выполнена. Отметки дна в течение года Z имеют случайные отклонения, не зависящие от глубины водотока. Гипотеза о равенстве математических ожиданий Z в разные годы была проверена по критерию Стьюдента и отвергнута. Средняя отметка нижней точки дна реки Мамоновки поднялась на 165 мм за 12 лет с 1961 по 1972 год. Темп роста составил около 14 мм в год.

**Ключевые слова:** река Мамоновка; гидрологические ежегодники; отметка дна; случайные отклонения; возрастание средних значений.

**Для цитирования:** Наумов В.А. Определение отметки дна реки Мамоновки по результатам измерений из гидрологических ежегодников // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2023. Т.9. №2. С. 43–50.

Original article

## DETERMINATION OF THE MAMONOVKA RIVER BOTTOM MARK BASED ON THE RESULTS OF MEASUREMENTS FROM HYDROLOGICAL YEARBOOKS

V.A. Naumov<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

\*E-mail: [van-old@mail.ru](mailto:van-old@mail.ru)

**Abstract.** The methodology for assessing the position of the bottom mark in the alignment of the watercourse based on the results of measurements from hydrological yearbooks is proposed in the article. The assessment of the lower mark of the bottom of the Mamonovka River in the alignment of the city of Mamonovo Z (1960-1972) was carried out. The bottom marks Z during the year have random deviations that do not depend on the depth of the watercourse. The hypothesis about the equality of mathematical expectations of Z in different years was tested by the Student's criterion and rejected. The Mamonovka River average mark of the bottom lower point was rose by 165 mm in 12 years from 1961 to 1972. The growth rate was about 14 mm per year.

**Keywords:** Mamonovka River; hydrological yearbooks; bottom marking; random deviations; increasing average values.

**For citation:** Naumov V.A. Determination of the Mamonovka River bottom mark based on the results of measurements from hydrological yearbooks. *Journal of Science and Education of North-West Russia*. 2023. Vol.9. No. 2, pp. 43–50.

## Введение

Водосборный бассейн реки Мамоновки расположен в юго-западной части Калининградской области (КО) и в северной части Польши. До декабря 1947 года река имела немецкое название Ба́нау (Bahnau). В Польше река называется Бану́вка (Banówka). Согласно утвержденной Схемы КИОВО<sup>1</sup> площадь бассейна реки составляет 311 км<sup>2</sup>, в том числе на территории КО – 124 км<sup>2</sup>. Хотя в некоторых изданиях приводят другие значения, например, в [1]: 350 км<sup>2</sup> и 140 км<sup>2</sup>, соответственно. Длина реки 51 км, в том числе 12 км на территории Мамоновского городского округа КО. Исток реки находится в Польше на Вармийской возвышенности на высоте 110 м над уровнем моря. Устье – Калининградский залив, западней города Мамоново. Средний уклон русла равен 2,1 ‰. В соответствии со стандартной российской классификацией Мамоновка относится к малым рекам, и ее гидрологический режим сильно зависит от местных факторов.

Комплексные исследования бассейна реки Мамонова проводились учеными Калининградского государственного технического университета (КГТУ). Их результаты были включены в публикации [2-7]. Южная и юго-западная части водосборного бассейна реки Мамоновки являются самыми высокими. Эта часть холмов Вармии, называемая Гуровскими высотами, имеет изрезанный рельеф с грядами холмов. Она дает начало основным притокам Мамоновки и в определенной степени определяет характер гидрологических условий. Значительная глубина эрозионного разреза и узкие глубокие долины с низкими, часто скрытыми поймами характерны для этих притоков. Северная часть бассейна имеет отличия: речная сеть не густая, но широкая, местами заболоченная.

Ширина реки между береговыми линиями в устье составляет 15-20 м [2]. Берега реки здесь густо заросли манной, дно представляет собой илистый песок, покрытый иловыми отложениями с примесью продуктов канализации. Склоны поросли ивняком, крапивой и другими травами. Пойма реки усеяна ветками и хворостом старых ив и ольхи. Край долины возвышается примерно на 1,0–1,5 м над береговой линией. В устье реки Мамоновки сохранились старые насосные станции, которые были предназначены для регулирования стока и сброса избытка воды. Однако насосы повреждены и не функционируют.

Бассейн реки асимметричен, только десятая часть его площади приходится на правобережную часть, в то время как практически вся гидрографическая сеть расположена на левом берегу. Все крупные притоки берут начало в Польше. Единственным исключением является Витушка, которая протекает по территории КО. Витушка является наиболее загрязненным водотоком в гидрографической сети Мамоновки. Неочищенные сточные воды муниципальной канализации и стоки животноводческой фермы сбрасываются в Витушку. Вода имеет тускло-серый цвет и сильный запах сероводорода. Рядом с берегами реки были обнаружены канализационных отходов [2].

В работах [8, 9] было выполнено сравнение расходов воды реки Мамоновки и других рек региона. Рассчитанные в [9] значения коэффициентов парной корреляции ежедневных расходов воды (ЕРВ) калининградских рек оказались довольно высокими, за исключением некоторых лет для реки Мамоновки. Так в 2013 году стохастическая связь ЕРВ реки Мамоновки и других рек региона была слабой (коэффициент корреляции с ЕРВ реки Преголи составил  $r = 0,322$ , реки Злой –  $r = 0,363$ ). Возможно, это связано с тем, что большая часть бассейна реки Мамоновки находится на территории Польши, где условия по осадкам в отдельные годы могут заметно отличаться от условий КО.

<sup>1</sup> Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Неман и рек бассейна Балтийского моря (Российская часть в Калининградской области). Утверждена приказом Невско-Ладожского БВУ Федерального агентства водных ресурсов № 171 от 9 декабря 2014 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nord-west-water.ru/activities/ndv/page-2/> (дата обращения: 27.05.2023).

Важнейшей характеристикой реки является динамика изменения ее глубины. В [10] на примере реки Мамоновки была предложена методика определения показательной регрессионной зависимости максимальной глубины водотока  $h$  от ширины  $B$ :

$$h = \alpha \cdot B^\beta, \quad (1)$$

где эмпирические коэффициенты  $\alpha$ ,  $\beta$  находятся методом наименьших квадратов. Для 1960 года они составили  $\alpha = 0,01394$ ;  $\beta = 1,760$ ; для 1961 –  $\alpha = 0,01808$ ;  $\beta = 1,689$ .

По рис. 1 видно, что линии 1 и 2 довольно близки. Как было показано в [10], разница между ними находится в пределах погрешности измерений.

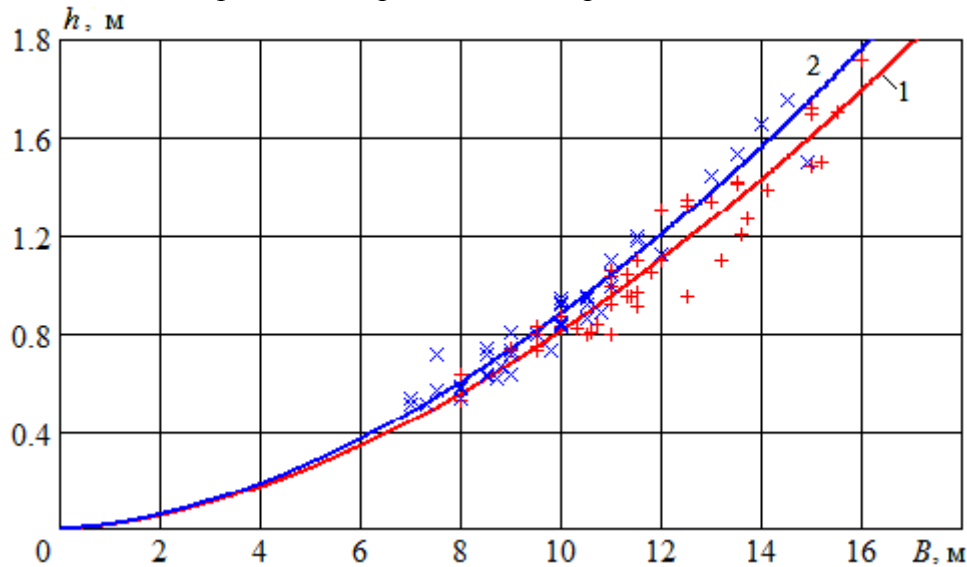


Рисунок 1 – Связь между максимальной глубиной и шириной реки Мамоновки: 1 – в 1960 году, 2 - в 1961 году. Точки – данные ГЕ, линии – результаты расчета по формуле (1)

Регрессионная зависимость (1) дала возможность рассчитать гидравлический радиус в сечении водотока как функцию его глубины. Результаты измерений, использованные в [10], позволяют найти отметку дна  $Z$  (низшую точку), которая необходима для определения глубин по наблюдениям за уровнями воды в реке.

Цель данной статьи – предложить методику оценки абсолютной отметки дна водотока по данным из гидрологических ежегодников на примере реки Мамоновки.

### Материалы и методы

В гидрологических ежегодниках (ГЕ) до середины 70-х годов прошлого столетия публиковались не только уровни воды и рассчитанные по ним расходы, но и ширина водотока, глубины (средние и максимальные), площади живого сечения и другие параметры. В данной статье были использованы указанные результаты измерений из ГЕ, сделанные в 1960-1964, 1966, 1972 году на гидрологическом посту (ГП) Мамоново. Пример исходных данных, взятых из ГЕ, представлен в табл. 1. В табл. 1 обозначено:  $H$  – уровень воды в реке Мамоновке, отсчитываемый от нуля ГП;  $B$  – ширина реки;  $h$  – наибольшая глубина;  $Z$  – отметка низшей точки дна.

Таблица 1 – Результаты измерений [11] параметров створа реки Мамоновки в 1961 году

№ пп	Дата	$H$ , см	$B$ , м	$h$ , м	$Z$ , м БС
1	04.01	64	10,0	0,84	5,30
2	12.01	63	10,0	0,83	5,30
3	20.01	52	8,5	0,72	5,30
4	25.01	51	8,8	0,67	5,34
5	31.01	78	10,5	0,95	5,33
6	04.02	75	10,0	0,92	5,33
7	12.02	70	9,0	0,81	5,39
8	13.02	152	14,5	1,75	5,27
9	15.02	99	11,0	1,10	5,39
10	21.02	102	11,5	1,18	5,34
11	27.02	76	10,5	0,92	5,34
12	01.03	140	13,5	1,53	5,37
13	07.03	104	11,5	1,19	5,35
14	18.03	76	10,0	0,93	5,33
15	29.03	80	11,0	0,99	5,31
16	04.04	62	9,5	0,80	5,32
17	11.04	60	9,8	0,73	5,37
18	21.04	40	7,5	0,57	5,33
19	30.04	35	7,3	0,52	5,33
20	06.05	82	11,0	1,04	5,28
21	10.05	134	13,5	1,53	5,31
22	18.05	74	10,0	0,85	5,39
23	28.05	48	8,5	0,74	5,24
24	02.06	53	9,0	0,73	5,30
25	15.06	72	10,0	0,94	5,28
26	28.06	33	7,0	0,54	5,29
27	04.07	28	7,0	0,52	5,26
28	17.07	37	7,5	0,62	5,25
29	28.07	69	10,8	0,89	5,30
30	01.08	98	11,5	1,18	5,30
31	05.08	144	14,0	1,65	5,29
32	08.08	143	14,9	1,50	5,43
33	17.08	104	12,0	1,12	5,42
34	29.08	82	10,5	0,94	5,38
35	07.09	53	8,7	0,62	5,41
36	16.09	136	13,0	1,44	5,42
37	18.09	80	10,5	0,86	5,44
38	30.09	57	9,0	0,63	5,43
39	06.10	48	8,0	0,58	5,40
40	18.10	47	8,0	0,54	5,43
41	24.10	46	8,0	0,59	5,37
42	30.10	55	8,5	0,63	5,42
43	06.11	55	8,5	0,64	5,41
44	18.11	61	8,5	0,72	5,39
45	30.11	60	9,0	0,72	5,38
46	04.12	91	11,0	1,04	5,37
47	30.12	49	8,0	0,59	5,40

Формула расчета абсолютной отметки дна в метрах балтийской системы (м БС):

$$Z_i = 0,01 \cdot H_i + Z_0, \quad (2)$$

где  $Z_0 = 5,50$  м БС – отметка нуля ГП Мамоново.

Важным этапом является сравнение математических ожиданий случайной величины  $Z$  за разные годы. В статье [12] было показано, что классические методы проверки гипотезы о равенстве математических ожиданий можно применять и при существенных отклонениях наблюдаемого закона распределения от нормального. Поэтому статистику Стьюдента для проверки гипотезы о равенстве математических ожиданий двух случайных выборок (например, 1960 и 1961 года) будем рассчитывать по формуле:

$$t = \frac{|Z_{60} - Z_{61}|}{\sqrt{\frac{n_{60} + n_{61}}{n_{60} \cdot n_{61}} \cdot \frac{(n_{60} - 1) \cdot s_{60}^2 + (n_{61} - 1) \cdot s_{61}^2}{n_{60} + n_{61} - 2}}}, \quad (3)$$

где  $Z_{60}$ ,  $Z_{61}$  – выборочные средние отметки дна в 1960 и 1961 году, соответственно;  $s_{60}$ ,  $s_{61}$  – точечные оценки среднего квадратичного отклонения отметки дна в 1960 и 1961 году, соответственно;  $n_{60}$ ,  $n_{61}$  – количество измерений в 1960 и 1961 году, соответственно.

### Результаты и их обсуждение

На рис. 2-4 представлены результаты расчета по формуле (2) в 1960, 1961 и 1962 году.

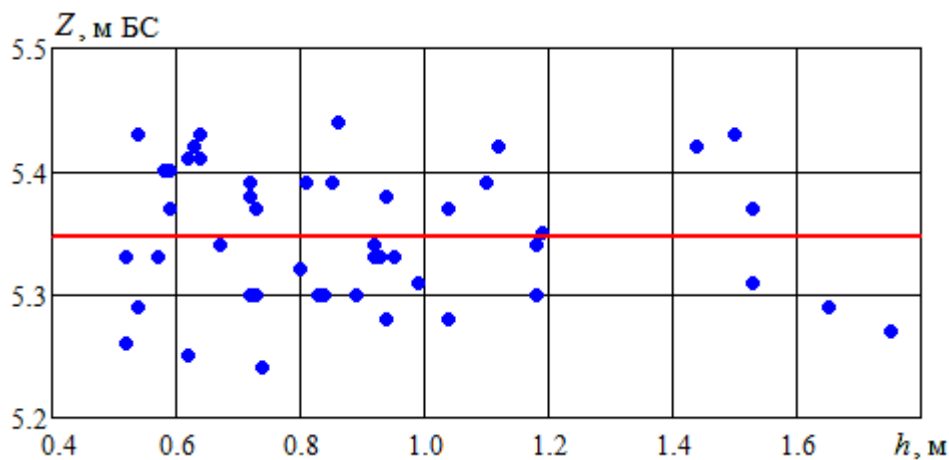


Рисунок 2 – Отметки дна реки Мамоновки (ГП Мамоново) в 1960 году. Точки – рассчитаны по данным измерений – формула (1), прямая – среднее значение

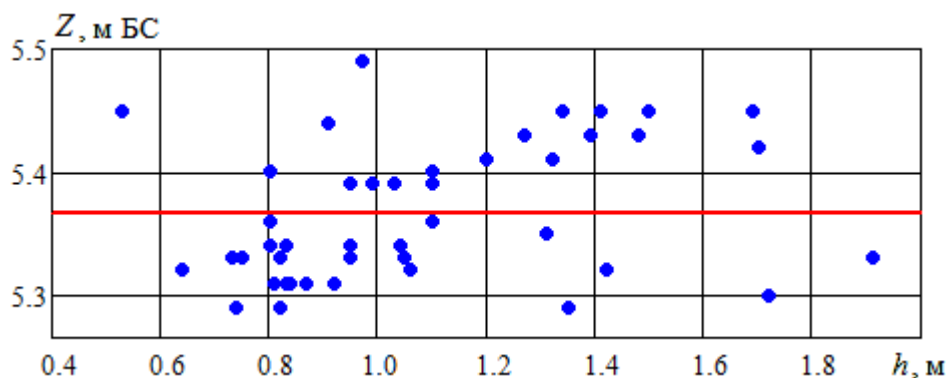


Рисунок 3 – Отметки дна реки Мамоновки (ГП Мамоново) в 1961 году.

Обозначения, как на рис. 2

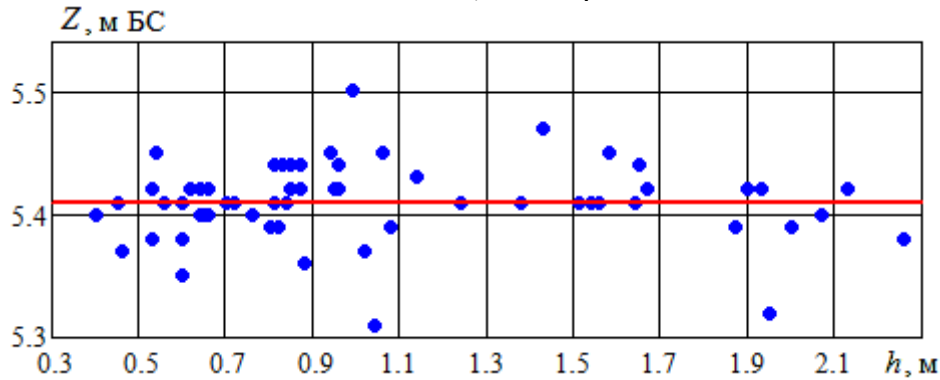


Рисунок 4 – Отметки дна реки Мамоновки (ГП Мамоново) в 1962 году. Обозначения, как на рис. 2

Из рис. 2-4 следует, что отметки дна в течение года имеют случайные отклонения, не зависящие от глубины водотока. За изученные годы  $Z_{min} = 5,18$  м БС (1963),  $Z_{max} = 5,62$  м БС (1972).

В табл. 2 представлены результаты обработки выборки за каждый год.

Таблица 2 – Параметры случайной выборки (отметки дна водотока) по годам

Год	$n$	$Z_{cp}$ , м БС	$s$ , м	$Z_{min}$ , м БС	$Z_{max}$ , м БС
1960	45	5,366	0,056	5,29	5,48
1961	47	5,347	0,055	5,24	5,44
1962	56	5,410	0,056	5,31	5,50
1963	46	5,432	0,034	5,18	5,49
1964	44	5,448	0,050	5,37	5,55
1966	42	5,465	0,033	5,37	5,56
1972	37	5,512	0,064	5,37	5,62

По табл. 2 видно, что значения  $Z_{cp}$  имеют тенденцию к возрастанию. Была выдвинута нулевая гипотеза о равенстве математических ожиданий  $Z$  в разные годы. Проверка гипотезы была выполнена по критерию Стьюдента с учетом замечаний [12, 13] при уровне значимости 0,05. Статистика Стьюдента, рассчитанная по формуле (3) даже между отдельными смежными годами превышает критическое значение. При сравнении же выборки 1961 и 1972 года получилась величина  $t = 12,7$ , которое многократно превышает критическое значение. Следовательно, гипотеза о равенстве математических ожиданий в разные годы должна быть отвергнута. За 12 лет, с 1961 по 1972 год средняя отметка нижней точки дна поднялась на 165 мм, около 14 мм в год.

### Заключение

Таким образом, предложенная методика позволяет оценить положение нижней отметки дна в створе водотока по результатам измерений из ГЕ. Была выполнена оценка нижней отметки дна реки Мамоновки  $Z$  в створе города Мамоново в 1960-1972 годы. Отметки дна в течение года имеют случайные отклонения, не зависящие от глубины водотока. Гипотеза о равенстве математических ожиданий в разные годы была проверена по критерию Стьюдента и отвергнута. За 12 лет, с 1961 по 1972 год средняя отметка нижней точки дна поднялась на 165 мм.

### Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда и Правительства Калининградской области в рамках научного проекта № 22-27-20016.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Domnin D., Chubarenko B. Capell R. Mathematical modeling of nutrient loading from small catchments of the Vistula Lagoon // Managing risks to coastal regions and communities in a changing world. Proc. Int. Conf. EMECS'11-Sea Coasts XXVI (Saint-Petersburg, 22-27 August, 2016). Saint-Petersburg: RSHU Publ., 2016. P. 223-234.
2. Bernikova T.A., Shibaeva M.N., Shkitsky V.A., Tsoupikova N.A. The Mamonovka River // Transboundary waters and basins in the South-East Baltic. Kaliningrad: Terra Baltica, 2008. P. 96-105.
3. Нагорнова Н.Н., Берникова Т.А., Цупикова Н.А. Гидрогеохимическая характеристика рек Калининградской области // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2011. № 7. С. 160-166.
4. Шибаев С.В., Нагорнова Н.Н., Берникова Т.А., Цупикова Н.А. Геоэкологические аспекты переноса биогенных веществ трансграничными реками (на примере Калининградской области) // Известия КГТУ. 2011. № 22. С. 133-141.
5. Берникова Т.А., Нагорнова Н.Н., Цурикова Н.А. Некоторые результаты гидрологического исследования водотоков Калининградской области // Известия КГТУ. 2014. № 32. С. 74-84.
6. Ахмедова Н.Р., Великанов Н.Л., Наумов В.А. Оценка качества воды малых водотоков Калининградской области // Вода: химия и экология. 2015. № 10. С. 20-25.
7. Наумов В.А., Ахмедова Н.Р. Инженерные изыскания в бассейне реки Преголи: монография. Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017. 183 с.
8. Наумов В.А., Маркова Л.В. Корреляционный анализ внутригодового распределения стока рек региона // Известия КГТУ. 2012. № 26. С. 40-46.
9. Наумов В.А. Корреляционный анализ ежедневных расходов рек региона // Вестник научно-методического совета по природообустройству и водопользованию. 2020. № 20. С. 48-54.
10. Наумов В.А. Оценка поперечного сечения по данным гидрологических ежегодников на примере реки Мамоновки // Материалы VIII Международного Балтийского морского форума: в 6 т. (Калининград, 5-10 октября 2020 г.). Том. 1. Калининград: Изд-во БГА, 2020. С. 193-197.
11. Гидрологический ежегодник 1961 г. Т. 1. Бассейн Балтийского моря / Под ред. Л.М. Жвирздинене. Вып. 5,6. Ленинград: Гидрометеиздат, 1963. 198 с.
12. Лемешко Б.Ю., Помадин С.С. Проверка гипотез о математических ожиданиях и дисперсиях в задачах метрологии и контроля качества при вероятностных законах, отличающихся от нормального // Метрология. 2004. № 3. С.3-15.
13. Бояринова Н.А., Кикот А.В., Наумов В.А. Особенности статистической обработки результатов экспериментальных исследований случайной функции, полученных разными авторами // Известия КГТУ. 2015. № 37. С. 199-206.

## REFERENCES

1. Domnin D., Chubarenko B. Capell R. Mathematical modeling of nutrient loading from small catchments of the Vistula Lagoon. Managing risks to coastal regions and communities in a changing world. Proc. Int. Conf. EMECS'11-Sea Coasts XXVI (Saint-Petersburg, 22-27 August, 2016). Saint-Petersburg: RSHU Publ., 2016, pp. 223-234.
2. Bernikova T.A., Shibaeva M.N., Shkitsky V.A., Tsoupikova N.A. The Mamonovka River. Transboundary waters and basins in the South-East Baltic. Kaliningrad: Terra Baltica, 2008, pp. 96-105.
3. Nagornova N.N., Bernikova T.A., Cupikova N.A. *Gidrogeohimicheskaya harakteristika rek Kaliningradskoj oblasti* [Hydrogeochemical characteristics of rivers of the Kaliningrad region]. *Vestnik Baltijskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta*. 2011. No. 7, pp. 160-166.

4. Shibaev S.V., Nagornova N.N., Bernikova T.A., Cupikova N.A. *Geoekologicheskie aspekty perenosa biogennykh veshchestv transgranichnymi rekami (na primere Kaliningradskoy oblasti)* [Geoecological aspects of the transfer of nutrients by transboundary rivers (on the example of the Kaliningrad region)]. *Izvestiya KGTU*. 2011. No. 22, pp. 133-141.
5. Bernikova T.A., Nagornova N.N., Curikova N.A. *Nekotorye rezul'taty gidrologicheskogo issledovaniya vodotokov Kaliningradskoy oblasti* [Some results of the hydrological study of watercourses of the Kaliningrad region]. *Izvestiya KGTU*. 2014. No. 32, pp. 74-84.
6. Ahmedova N.R., Velikanov N.L., Naumov V.A. *Ocenka kachestva vody malyykh vodotokov Kaliningradskoy oblasti* [Assessment of water quality of small watercourses of the Kaliningrad region]. *Voda: himiya i ekologiya*. 2015. No. 10, pp. 20-25.
7. Naumov V.A., Ahmedova N.R. *Inzhenernyye izyskaniya v bassejne reki Pregoli: monografiya* [Engineering surveys in the Pregoli River basin: monograph]. Kaliningrad: KGTU Publ., 2017. 183 p.
8. Naumov V.A., Markova L.V. *Korrelyacionnyy analiz vnutrigodovogo raspredeleniya stoka rek regiona* [Correlation analysis of intra-annual distribution of river flow in the region]. *Izvestiya KGTU*. 2012. No. 26, pp. 40-46.
9. Naumov V.A. *Korrelyacionnyy analiz ezhednevnykh raskhodov rek regiona* [Correlation analysis of daily river flows in the region]. *Vestnik nauchno-metodicheskogo soveta po prirodoobustroystvu i vodopol'zovaniyu*. 2020. No. 20, pp. 48-54.
10. Naumov V.A. *Ocenka poperechnogo secheniya po dannym gidrologicheskikh ezhegodnikov na primere reki Mamonovki* [Estimation of the cross-section according to hydrological yearbooks on the example of the Mamonovka River]. *Materialy VIII Mezhdunarodnogo Baltijskogo morskogo foruma: v 6 t. (Kaliningrad, 5-10 oct. 2020)*. V. 1. Kaliningrad: BGA Publ., 2020, pp. 193-197.
11. *Gidrologicheskij ezhegodnik 1961. T. 1. Bassejn Baltijskogo morya* [Hydrological Yearbook 1961, vol. 1. Baltic Sea basin]. Edit. L.M. ZHvirzdinene. Vyp. 5,6. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1963. 198 p.
12. Lemeshko B.Yu., Pomadin S.S. *Proverka gipotez o matematicheskikh ozhidaniyakh i dispersiyah v zadachah metrologii i kontrolya kachestva pri veroyatnostnykh zakonah, otlichayushchihsya ot normal'nogo* [Verification of hypotheses about mathematical expectations and variances in problems of metrology and quality control with probabilistic laws that differ from normal]. *Metrologiya*. 2004. No. 3, pp.3-15.
13. Boyarinova N.A., Kikot A.V., Naumov V.A. *Osobennosti statisticheskoy obrabotki rezul'tatov eksperimental'nykh issledovaniy sluchajnoj funktsii, poluchennykh raznymi avtorami* [Features of statistical processing of the results of experimental studies of a random function obtained by different authors]. *Izvestiya KGTU*. 2015. No. 37, pp. 199-206.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Наумов Владимир Аркадьевич – доктор технических наук, профессор, Калининградский государственный технический университет (236022, Россия, г. Калининград, Советский пр-т 1, e-mail: [van-old@mail.ru](mailto:van-old@mail.ru))

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Naumov Vladimir Arkad'evich – Dr. Sci. (Eng.), Prof., Kaliningrad State Technical University (236022, Russia, Kaliningrad, Sovetsky ave. 1, e-mail: [van-old@mail.ru](mailto:van-old@mail.ru))

Статья поступила в редакцию 30.05.2023; одобрена после рецензирования 14.06.2023, принята к публикации 21.06.2023.

The article was submitted 30.05.2023; approved after reviewing 14.06.2023; accepted for publication 21.06.2023.