

Ленинградский проспект, 64, 125319, Москва, Россия

Data about the authors:

Chernikh Olga Nikolaevna, Associate Professor, Department of Hydraulic Structures, Candidate of Technical Sciences. Institute of Melioration, Water Management and Construction named after A.N. Kostyakov. *Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev Timiryazevskaya str., 49, 127550, Moscow, Russia.*

Burlachenko Alena Vladimirovna, Associate Professor of the Department of Hydraulics, Candidate of Technical Sciences.

*Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)
Leningradsky Prospekt, 64, 125319, Moscow, Russia*

Рецензент:

Суэтина Татьяна Александровна, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедры «Гидравлика», Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ).

DOI: 10.26897/2618-8732-2021-21-80-86

УДК 519.25: 556.53

**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ УРОВНЯ В ТЕЧЕНИЕ ГОДА НА УКЛОН ВОДНОЙ
ПОВЕРХНОСТИ РЕКИ МСТЫ**

Наумов В.А.

Предложена усовершенствованная Mathcad-программа, позволяющая обрабатывать большие массивы информации об ежедневных уровнях воды в реках. Исходными данными послужили результаты наблюдений гидрологических постов Росгидромета за уровнем реки Мсты (бассейн Невы) за 10 лет (2009-2018). Проведенный анализ показал тесную стохастическую связь уклонов водной поверхности (УВП) с уровнями воды. Коэффициент парной корреляции между ними во все годы оставался выше 0,7. Диапазон изменения УВП довольно узкий: 0,166 до 0,194 %. Полученные уравнения линейной регрессии вполне удовлетворительно согласуются с данными наблюдений. Индекс детерминации находится в интервале от 0,608 до 0,859. Результаты исследования могут быть использованы при краткосрочном прогнозировании прохождения паводковой волны.

Ключевые слова: Mathcad-программа, река Мста, уклон водной поверхности, ежедневные уровни воды, коэффициент парной корреляции, уравнение линейной регрессии.

**EFFECT OF CHANGES IN THE LEVEL DURING THE YEAR ON THE SLOPE OF THE WATER
SURFACE OF THE MSTA RIVER**

Naumov V.A.

The advanced Mathcad program are proposed for processing large amounts of information about daily water levels in rivers. The results of observations of the hydrological posts of Roshydromet over the level of the Msta River (Neva basin) for 10 years (2009-2018) served as initial data. The analysis showed a close relationship to the stochastic slopes of the water surface (SWS) with the water levels. The coefficient of pair correlation between them remained above 0.7 in all years. The range of changes in SWS is rather narrow: 0.166 to 0.194%. The obtained linear regression equations agree quite satisfactorily with the observational data. The determination index is in the range from 0.608 to 0.859. The results of the study can be used for short-term forecasting of the passage of a flood wave.

Keywords: Msta River, water surface slope, daily water levels, pair correlation coefficient, linear regression equation.

Введение

Уклон водной поверхности реки (УВП) J , в соответствии с действующими нормативными документами и методическими рекомендациями, широко используется при инженерно-гидрологических расчетах [1, 2]. Уклон входит в известную формулу Шези:

$$V = C \cdot \sqrt{R \cdot J}, \quad (1)$$

где R – гидравлический радиус; C – коэффициент Шези; V – средняя скорость водотока.

Одно из условий [1] подбора рек-аналогов для определения расчетных характеристик максимального стока при отсутствии систематических наблюдений выглядит так:

$$J \cdot A^{0,5} = J_a \cdot A_a^{0,5}, \quad (2)$$

где J и J_a – УВП исследуемой реки и реки-аналога, промилле; A и A_a – площади водосборов исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км².

Результаты исследования зависимости УВП от различных факторов были опубликованы во многих трудах, вошли в учебники и монографии (см. [3-7] и библиографию в них). Исследования продолжают и ведутся по двум основным направлениям. Первое направление связано с анализом зависимости УВП от морфометрических характеристик бассейна реки (длина, площадь бассейна и др.). Так Нежиховским Р.А. [3] на основании обработки большого объема гидрометрического материала для равнинных рек длиной более 10 км была предложена эмпирическая зависимость УВП только от одной величины – площади водосборного бассейна:

$$J = K \cdot A^{-0,35}, \quad (3)$$

где размерный коэффициент равен: $K = 0,0142$ для возвышенностей; $K = 0,0085$ для увалов; $K = 0,0036$ для холмистых равнин; $K = 0,0014$ для низменностей.

В [8] указано, что в верховьях равнинных рек наблюдаются значения УВП, гораздо большие, чем следует из формулы (3).

Влияние морфометрических и гидравлических параметров на уклоны малых рек Русской равнины было рассмотрено в монографии [4]. Часть результатов исследования представлена в табл. 1, где обозначены: L – длина реки, B – ширина русла, h – средняя глубина.

Таблица 1

Уклоны малых рек Русской равнины, морфометрические и гидравлические параметры [4]

A , км ²	L , км	Q , м ³ /с	B , м	h , м	J , ‰
89	16,9	0,71	13,3	0,32	2,16
262	31,0	2,0	24,2	0,45	1,14
770	57,0	5,65	42,0	0,70	0,63
2260	104	16,0	70,0	0,99	0,36

Другое направление связано с исследованием УВП при изменении расходов (уровней) в заданном створе реки в течение года, в частности, при прохождении паводковой волны. По данным [5], добавочный УВП во время паводка составляет всего несколько процентов от значения при установившемся движении, а на спаде паводка УВП даже меньше начального (установившегося).

Особенно важно правильно определять УВП для краткосрочных прогнозов уровня воды в нижнем створе по его известному значению в верхнем створе. Этот вопрос тесно связан со скоростью распространения волны паводка и временем добега между створами (ВДС). В [6] отмечается, что большие регулирующие емкости русла и поймы могут привести к увеличению ВДС с повышением уровня воды. Так на реке Амур в межень ВДС между Ленинском и Комсомольском составляет в среднем 7 суток, а в половодье достигает 14 суток.

Изменение УВП необходимо учитывать при разработке математических моделей краткосрочных прогнозов, что подтверждается многими публикациями [9-11]. На рис. 1 из [12] представлена зависимость УВП реки Преголи между городами Черняховск и Гвардейск. Видно, что в исследованном случае корреляция между УВП и уровнем положительная.

Цель данной статьи – анализ изменений УВП равнинной реки Мсты в течение года с помощью метода, опирающегося на современные информационные технологии.

Материалы и методы

Исходными данными исследования послужили результаты наблюдений гидрологических постов Росгидромета за уровнем реки Мсты (бассейн Невы) за 10 лет. Истоком реки Мсты является озеро Мстино, устье находится в северной части озера Ильмень. Протекает по Тверской и Новгородской области. Длина реки 445 км, площадь водосборного бассейна 23300 км² [13]. Средний уклон равен

0,30 ‰. Средний многолетний расход воды в устье реки около 200 м³/сек. Питания реки примерно на 60% – снеговое, 30% – грунтовое, 10% – дождевое. Между селом Опеченский Посад и городом Боровичи находятся известные пороги. Глубина реки на плесах достигает 4,5 м, на порогах – 0,4 м и менее. В верховье Мста извилистая река с шириной русла 40-50 м. В нижнем течении ширина реки увеличивается до 70-80 м. Река Мста используется для судоходства на последних 50 км нижнего течения. В настоящее время на реке Мсте действует четыре гидрологических поста Северо-Западного УГМС (см. табл. 2).

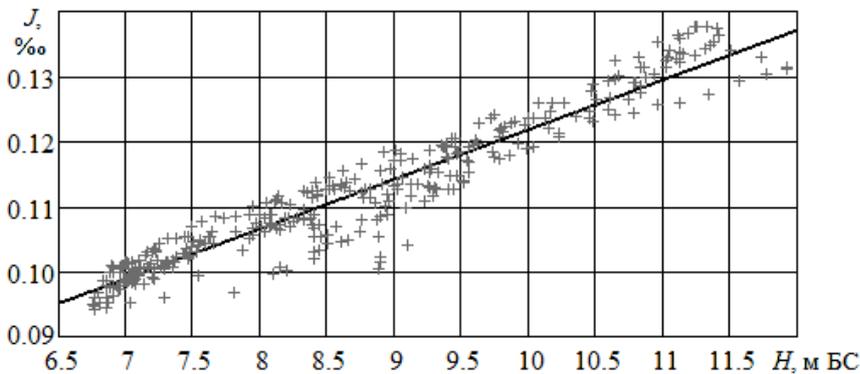


Рисунок 1. Зависимость УВП реки Преголи от уровня в г. Черняховске (2017) [12]

Точки – данные наблюдений, прямая – по уравнению линейной регрессии

Таблица 2

Гидрологические посты на реке Мсте [14]

Местоположение	Расстояние, км		Площадь бассейна, км ²	Отметка нуля поста, м БС	Открыт (год)
	от устья	от истока			
с. Опеченский Посад	342	103	12700	118,0	1877
пос. Потерпелицы	312	133	13200	66,07	1877
с. Бор	221	224	16900	44,99	1934
д. Девкино	84	361	22500	21,27	1923

Из Автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО) [14] были получены файлы с данными наблюдений за уровнями воды постами, указанными в табл. 2, за 10 лет (2009-2018). АИС ГМВО хранит массив данных в виде таких же таблиц, как печатались в гидрологических ежегодниках. Для их обработки были использованы модифицированные Mathcad-программы [15, 16]. Сначала данные были переформированы в матрицы-столбцы по годам, а затем переведены в метры Балтийской системы:

$$H_k = 0,01 \cdot H'_k + H_k^o, \quad (1)$$

где H'_k – уровни в k -м створе, отсчитываемые в сантиметрах от нуля поста (отметки H_k^o в м БС приведены в табл. 2)

На рис. 2, в качестве примера, показаны уровни реки Мсты в пик половодья 2009 года. Видно падение уровня на 53 м и большой уклон на участке 2–3 (Боровичские пороги). На остальных участках реки различие УВП небольшое. Для исследования был выбран участок 4–5 (между селом Бор и деревней Девкино), чтобы исключить возможное влияние порогов.

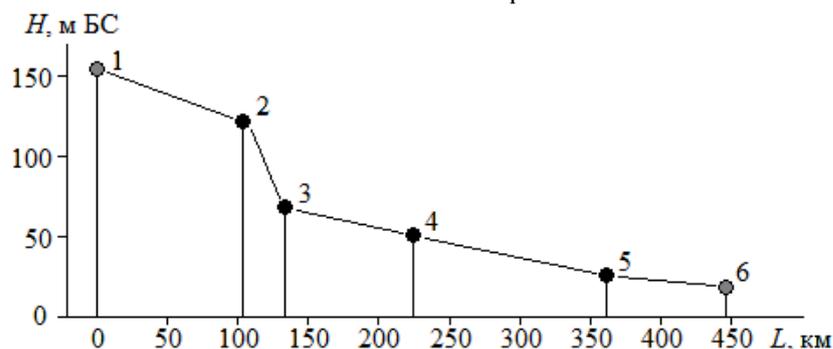


Рисунок 2. Уровни реки Мсты 30 апреля 2009 года

1 – исток, 2 – с. Опеченский Посад, 3 – пос. Потерпелицы, 4 – с. Бор, 5 – д. Девкино, 6 – устье (оз. Ильмень)

УВП на исследуемом участке (в промиле, ‰) рассчитывается по формуле:

$$J = (H_B - H_D) / L_{45}, \quad (2)$$

где H_B, H_D – уровни реки Мсты на постах Бор и Девкино, соответственно, м БС; $L_{45} = 137$ км – расстояние между названными постами.

На рис. 3 показано изменение в 2017 году УВП и уровня реки Мсты у деревни Девкино.

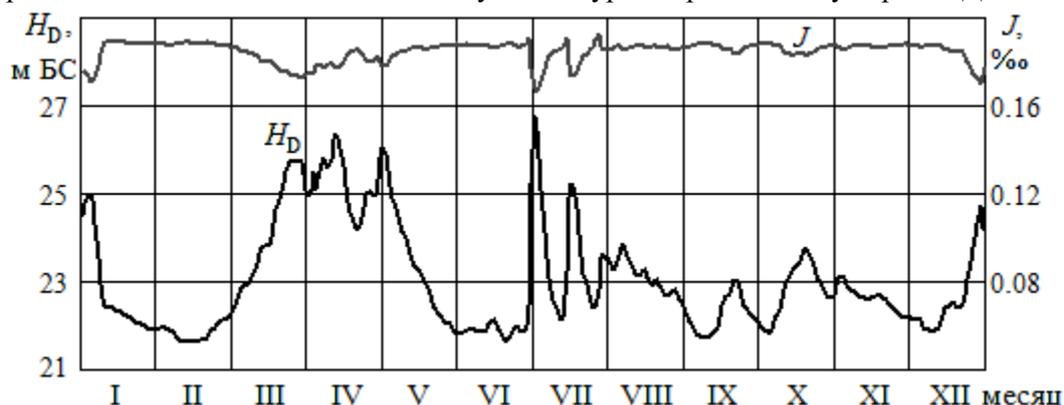


Рисунок 3. Изменение УВП и уровня реки Мсты у деревни Девкино в 2017 году

Теснота стохастической связи между УВП и уровнем воды в реке оценивалась с помощью коэффициента парной корреляции: $r = \text{corr}(J, H_D)$.

Уравнение линейной регрессии имеет вид:

$$J \equiv f(H_D) = a + b \cdot H_D. \quad (3)$$

Соответствие уравнения регрессии реальному явлению проверяют с помощью индекса детерминации (см., например, [17]):

$$R^2 = 1 - S_o / S_D; \quad (4)$$

$$S_o = \sum_{i=1}^n (J_i - \bar{J})^2, \quad S_D = \sum_{i=1}^n (J_i - f(H_{Di}))^2$$

где n – количество дней в году; \bar{J} – средний УВП рассматриваемого года.

Кроме того, рассчитаем отклонение УВП относительно среднего значения в межень J_M :

$$\Theta_i = 100 \cdot |J_i - J_M| / J_M. \quad (5)$$

Результаты расчетов и обсуждение

Результаты расчетов по формулам (1)-(5) представлены в табл. 3.

Таблица 3

Год	Средний годовой H_D , м БС	УВП, ‰			Θ_{\max} , %	r	R^2
		min	max	J_M			
2009	22,59	0,171	0,190	0,186	8,0	-0,713	0,608
2010	22,12	0,170	0,192	0,188	9,5	-0,881	0,776
2011	22,35	0,162	0,192	0,187	13,6	-0,880	0,774
2012	22,21	0,170	0,194	0,188	9,7	-0,812	0,659
2013	22,08	0,168	0,192	0,188	11,0	-0,845	0,713
2014	21,54	0,175	0,191	0,188	6,7	-0,843	0,710
2015	21,49	0,174	0,192	0,188	7,6	-0,855	0,732
2016	22,26	0,168	0,193	0,186	9,2	-0,927	0,859
2017	23,05	0,166	0,192	0,187	11,2	-0,852	0,725
2018	22,11	0,173	0,190	0,188	8,1	-0,861	0,741

Самым многоводным за 10 лет оказался 2017 год, маловодными – 2014 и 2015. Величина УВП изменялась в довольно узком диапазоне: от 0,166 до 0,194 ‰. По рис. 3 видно, что УВП уменьшался в период подъема уровня (весеннее половодье и паводки). Указанная тенденция подтверждается отрицательными значениями коэффициента парной корреляции. Во все годы модуль r больше 0,7 – уровня значимости в инженерной гидрологии. Уменьшение УВП по сравнению с меженью может

превысить 13%, как было в 2011 году. Поэтому пренебрегать изменением УВП при прогнозе паводковой волны недопустимо, это может привести к значительным ошибкам.

Высокий коэффициент парной корреляции позволяет использовать в расчетах уравнение линейной регрессии (3). По рис. 4 видно, что точки группируются вблизи прямой (3), которая имеет отрицательный коэффициент b , в отличие от рис. 1.

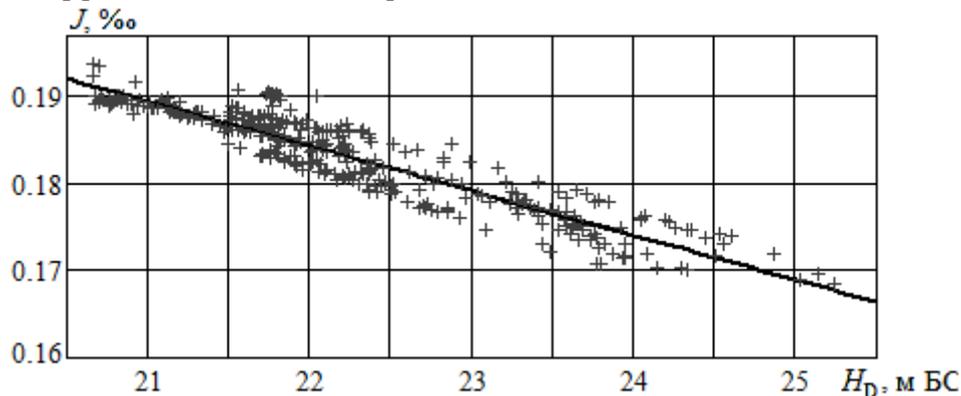


Рисунок 4. Зависимость УВП реки Мсты от уровня в д. Девкино (2016).

Точки – по данным наблюдений [14], линия – по уравнению (3)

Индекс детерминации уравнения линейной регрессии (последний столбец в табл. 3) довольно высок, только в двух случаях он ниже 0,7, а в 2016 году $R^2 = 0,859$. Это означает, что 85,9 % изменений УВП обусловлены вариацией уровня воды H_D .

Причина отрицательной корреляции УВП и уровней, скорее всего, в том, что река Мста на рассматриваемом участке имеет большую регулируемую емкость поймы, в отличие от реки Преголи в [12]. На такую возможность было указано в [5].

Заключение

Таким образом, усовершенствованная Mathcad-программа позволяет обрабатывать большие массивы ежедневных уровней воды в реках, оценивать их влияние на изменение УВП. Проведенный анализ данных десятилетних наблюдений на реке Мсте показал тесную стохастическую связь УВП с уровнями воды. Коэффициент парной корреляции между ними во все годы оставался выше 0,7. Диапазон изменения УВП довольно узкий: 0,166 до 0,194 ‰. Полученные уравнения линейной регрессии вполне удовлетворительно согласуются с данными наблюдений. Индекс детерминации находится в интервале от 0,608 до 0,859. Причина отрицательной корреляции УВП и уровней, скорее всего в том, что река Мста на рассматриваемом участке имеет большую регулируемую емкость поймы, в отличие от ранее рассмотренной реки Преголи, где корреляция была положительной. Результаты исследования могут быть использованы при краткосрочном прогнозировании прохождения паводковой волны.

Усовершенствованная Mathcad-программа была предложена для обработки больших массивов информации об ежедневных уровнях воды в реках. Результаты наблюдений гидрологических постов Росгидромета за уровнем реки Мсты (бассейн Невы) за 10 лет (2009-2018) послужили исходными данными. Проведенный анализ показал тесную стохастическую связь уклонов водной поверхности (УВП) с уровнями воды. Коэффициент парной корреляции между ними во все годы оставался выше 0,7. Диапазон изменения УВП довольно узкий: 0,166 до 0,194 ‰. Полученные уравнения линейной регрессии вполне удовлетворительно согласуются с данными наблюдений. Индекс детерминации находится в интервале от 0,608 до 0,859. Результаты исследования могут быть использованы при краткосрочном прогнозировании прохождения паводковой волны.

Литература

1. Свод правил СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Одобрен для применения в качестве нормативного документа Постановлением Госстроя России № 218 от 26 декабря 2003 г.
2. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений / Ред. А.В. Рождественский, А.Г. Лобанова. Санкт-Петербург: Нестор-История, 2009. 193 с.
3. Нежиховский Р.А. Руслонная сеть бассейна и процесс формирования стока воды: монография. Л.: Гидрометеоздат, 1971. 476 с.
4. Ржаницын Н.А. Руслонформирующие процессы рек: монография Л.: Гидрометеоздат, 1985. 263 с.

5. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов: учебное пособие. Л.: Гидрометеоздат, 1974. 419 с.
6. Георгиевский Г.Ю. Краткосрочные гидрологические прогнозы: учебное пособие. Л.: Изд-во ЛПИ. 1982. 100 с.
7. Наумов В.А., Ахмедова Н.Р. Инженерные изыскания в бассейне реки Преголи: монография. Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017. 183 с.
8. Бутаков Г.П., Голосов В.Н., Дедков А.П. и др. Малые реки как наиболее уязвимое звено речной сети // Эрозионные и русловые процессы. 1996. № 2. С. 56-70.
9. Борщ С.В., Симонов Ю.А., Христофоров А.В., Юмина Н.М. Краткосрочное прогнозирование уровней воды на реке Амур. Гидрометеорологический научно-исследовательский центр, 2014. 20 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://method.meteorf.ru/publ/tr/tr353/simon.pdf> (дата обращения: 07.10.2020).
10. Khrystyuk B. The short-term forecast of the water levels in the Kilia channel of the Danube River // Energetika. 2014. Vol. 60. No. 1. P. 69-75.
11. Кошелева Е.Д., Кудишин А.В. Краткосрочное прогнозирование уровней воды реки Обь у города Барнаула во время половодья 2018 года // Известия АО РГО. 2018. № 3 (50). С. 27-37.
12. Наумов В.А. Уклоны водной поверхности реки Преголи // Вестник науки и образования Северо-Запада России: электронный журнал, 2019. Т. 5, № 3. С. 30-37. URL: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2019/10/2019-N3-Naumov.pdf>.
13. Информационный сайт о реках России. Река Мста [Электронный ресурс]. URL: <http://vsereki.ru/atlanticheskij-okean/bassejn-baltijskogo-morya/bassejn-oz-ilmen/msta> (дата обращения: 05.12.2020).
14. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов [Электронный ресурс]. URL: <https://gmvo.skniivh.ru/> (дата обращения: 01.12.2020).
15. Наумов В.А. Методы обработки гидрологической информации. Лабораторный практикум для студентов вузов. Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. 115 с.
16. Наумов В.А. Методы обработки гидрологической информации // Вестник учебно-методического объединения по образованию в области природообустройства и водопользования. 2015. № 7. С. 144-150.
17. Наумов В.А. Прикладная математика: Учебное пособие по решению профессиональных задач в среде Mathcad. Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. 144 с.

References

1. Svod pravil SP 33-101-2003. Opredelenie osnovnyh raschetnyh gidrologicheskikh harakteristik. Odobren dlya primeneniya v kachestve normativnogo dokumenta Postanovleniem Gosstroya Rossii № 218 ot 26 dekabrya 2003 g.
2. Metodicheskie rekomendacii po opredeleniyu raschetnyh gidrologicheskikh harakteristik pri otsutstvii dannyh gidrometricheskikh nablyudenij / Red. A.V. Rozhdestvenskij, A.G. Lobanova. Sankt-Peterburg: Nestor-Istoriya, 2009. 193 s.
3. Nezhihovskij R.A. Ruslovaya set' bassejna i process formirovaniya stoka vody: monografiya. L.: Gidrometeoizdat, 1971. 476 s.
4. Rzhanicyn N.A. Rusloformiruyushchie processy rek: monografiya L.: Gidrometeoizdat, 1985. 263 s.
5. Apollov B.A., Kalinin G.P., Komarov V.D. Kurs gidrologicheskikh prognozov: uchebnoe posobie. L.: Gidrometeoizdat, 1974. 419 s.
6. Georgievskij G.YU. Kratkosrochnye gidrologicheskie prognozy: uchebnoe posobie. L.: Izd-vo LPI. 1982. 100 s.
7. Naumov V.A., Ahmedova N.R. Inzhenernye izyskaniya v bassejne reki Pregoli: monografiya. Kaliningrad: Izd-vo FGBOU VO «KGTU», 2017. 183 s.
8. Butakov G.P., Golosov V.N., Dedkov A.P. i dr. Malye reki kak naibolee uyazvimoe zveno rechnoj seti // Erozionnye i ruslovyje processy. 1996. № 2. S. 56-70.
9. Borshch S.V., Simonov YU.A., Hristoforov A.V., YUmina N.M. Kratkosrochnoe prognozirovanie urovnej vody na reke Amur. Gidrometeorologicheskij nauchno-issledovatel'skij centr, 2014. 20 s. [Elektronnyj resurs]. URL: <http://method.meteorf.ru/publ/tr/tr353/simon.pdf> (data obrashcheniya: 07.10.2020).
10. Khrystyuk B. The short-term forecast of the water levels in the Kilia channel of the Danube River // Energetika. 2014. Vol. 60. No. 1. P. 69-75.
11. Kosheleva E.D., Kudishin A.V. Kratkosrochnoe prognozirovanie urovnej vody reki Ob' u goroda Barnaula vo vremya polovod'ya 2018 goda // Izvestiya AO RGO. 2018. № 3 (50). S. 27-37.
12. Naumov V.A. Uklony vodnoj poverhnosti reki Pregoli // Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii: elektronnyj zhurnal, 2019. T. 5, № 3. S. 30-37. URL: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2019/10/2019-N3-Naumov.pdf>.
13. Informacionnyj sajt o reках Rossii. Reka Msta [Elektronnyj resurs]. URL: <http://vsereki.ru/atlanticheskij-okean/bassejn-baltijskogo-morya/bassejn-oz-ilmen/msta> (data obrashcheniya: 05.12.2020).
14. Avtomatizirovannaya informacionnaya sistema gosudarstvennogo monitoringa vodnyh ob'ektov [Elektronnyj resurs]. URL: <https://gmvo.skniivh.ru/> (data obrashcheniya: 01.12.2020).
15. Naumov V.A. Metody obrabotki gidrologicheskoy informacii. Laboratornyj praktikum dlya studentov vuzov. Kaliningrad: Izd-vo FGBOU VPO «KGTU», 2014. 115 s.

16. Naumov V.A. Metody obrabotki gidrologicheskoy informacii // Vestnik uchebno-metodicheskogo ob"edineniya po obrazovaniyu v oblasti prirodoobustrojstva i vodopol'zovaniya. 2015. № 7. S. 144-150.
17. Naumov V.A. Prikladnaya matematika: Uchebnoe posobie po resheniyu professional'nyh zadach v srede Mathcad. Kaliningrad: Izd-vo FGBOU VPO «KGTU», 2014. 144 s.

Данные об авторе:

Наумов Владимир Аркадьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водных ресурсов и водопользования.

ORCID 0000-0003-0560-5933, ScopusID 16441812200, WoS ResearcherID T-2380-2017, РИНЦ SPIN-код: 1788-8843

E-mail: van-old@rambler.ru

Калининградский государственный технический университет
Советский проспект, 1, 236022, Калининград, Россия

Data about the author

Naumov Vladimir Arkad'evich, doctor of technical Sciences, Professor, Head of chair of Water resources and Water management.

Kaliningrad State Technical University,
Sovetsky Avenue, 1, 236022, Kaliningrad, Russia

Рецензент:

Галямина И.Г., профессор, Председатель Научно-методического совета по природообустройству и водопользованию ФУМО по УГСН 20.00.00 Техносферная безопасность и природообустройство.

DOI: 10.26897/2618-8732-2021-21-86-90

УДК 551.583

**ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ГОРОДА АХВАЗ
ПРОВИНЦИИ ХУЗЕСТАН В ИРАНЕ**

Ряшенцева Т.М.

Целью исследования является изучение динамики изменения среднегодовой температуры воздуха провинции Хузестан на юго-западе Ирана в период с 1970-2020 гг., а также составление моделей динамики роста с использованием методов статистического анализа и моделей. Объектом исследования служат данные о температуре в °С на территории провинции Хузестан за многолетний период. Проанализированы данные по изменению температуры, исследованы многолетние ряды динамики среднегодовой температуры воздуха в городе Ахваз. Для анализа были использованы методы прикладной статистики. В частности, аппарат регрессионного анализа и моделирование временных рядов. Выполнены оценки статистического качества полученных математических моделей регрессии.

Ключевые слова: аппроксимация; регрессия; анализ; среднегодовая температура; Иран.

**DYNAMICS OF CHANGES IN THE AVERAGE ANNUAL TEMPERATURE OF THE CITY OF
AHVAZ, KHUZESTAN PROVINCE, IRAN**

Ryashentseva T.M.

The aim of the research is to study the dynamics of changes in the average annual air temperature of Khuzestan province in southwestern Iran in the period from 1970-2020, and also to compile models of growth dynamics using statistical analysis methods and models. The object of research is the data on the temperature °C in the territory of the province of Khuzestan for a long-term period. The data on temperature changes was analyzed, and the long-term series of dynamics of the average annual air temperature in the city of Ahvaz was explored. Methods of applied statistics were used for the analysis. In particular, the apparatus of regression analysis and time series modeling. The statistical quality of the obtained mathematical regression models was estimated.

Key words: approximation; regression; analysis; average annual temperature; Iran.