В.А. Шелутко, А.В. Мулява

ВЛИЯНИЕ УЧЕТА ОСОБЕННОСТЕЙ ГИДРОХИМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА СТОКА БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ ПО Р. ЛУГА

V.A. Shelutko, A.V. Mulyava

THE EFFECT OF HYDROCHEMICAL INFORMATION FEATURES FOR RESULTS OF NUTRIENTS RUNOFF ESTIMATION ALONG THE LUGA RIVER

Работа посвящена исследованию влияния учета особенностей гидрохимической информации на результаты расчета средних годовых концентраций и объемов стока биогенных веществ по р. Луге. Анализ результатов расчета на основе принятых стандартных методов оценки, а также с учетом выбросов, водности в период взятия проб на гидрохимический анализ и неэквидистентности гидрохимической информации показал, что неучет особенностей информации приводит к большим погрешностям расчетов, следовательно, и к неверным выводам о качестве речных вод. На основе полученных выводов проведен анализ приращения стока биогенов и их многолетних колебаний по длине р. Луги.

Ключевые слова: река Луга, биогенные вещества, концентрация биогенов, сток биогенов, водность, выбросы, неэквидистентность информации.

In this article we have made an effort to calculate the level of annual average concentrations and the runoff of nutrients along River Luga taking into account features of the hydrochemical information. The analysis of the results calculations based on the standard method of assessing, taking into account features extreme values, water content, non equidistance of initial information of the showed that no account of features hydrochemical information leads to large errors in calculations and incorrect conclusions about the quality of river water. In this article we analyzed the increment of the runoff of nutrients and long-term fluctuation along River Luga.

Key words: river, hydrochemical,method, information, analysis, calcylation, quality.

Целью настоящей работы является оценка влияния учета особенностей гидрохимической информации на результаты расчетов средних годовых концентраций и объемов стока азота аммонийного ($N\text{-}NH_4$), азота нитритного ($N\text{-}NO_2$) и азота нитратного ($N\text{-}NO_3$) по длине р. Луги.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

1. Оценка влияния неучета водности в период взятия проб на гидрохимический анализ и неэквидистентности гидрохимических наблюдений р. Луги на точность расчетов среднегодовых концентраций.
2. Выявление и оценка влияния учета выбросов на точность расчета средних годовых концентраций р. Луге.

3. Анализ временных последовательностей значений среднегодовых концентраций биогенных веществ в р.Луге за имеющийся период наблюдений.
4. Анализ изменения концентраций и объемов стока соединений азота по длине р. Луги с учетом и без учета особенностей гидрохимической информации.

Река Луга протекает в Ленинградской области (рис. 1), пересекая ее с юго-востока на северо-запад. Длина составляет 353 км, ширина 15–25 м. Площадь бассейна 13 200 км^2. Река берет начало в южной части Нетыльских болот (примерно 40 км от Новгорода) и впадает в Лужскую губу Финского залива [1].

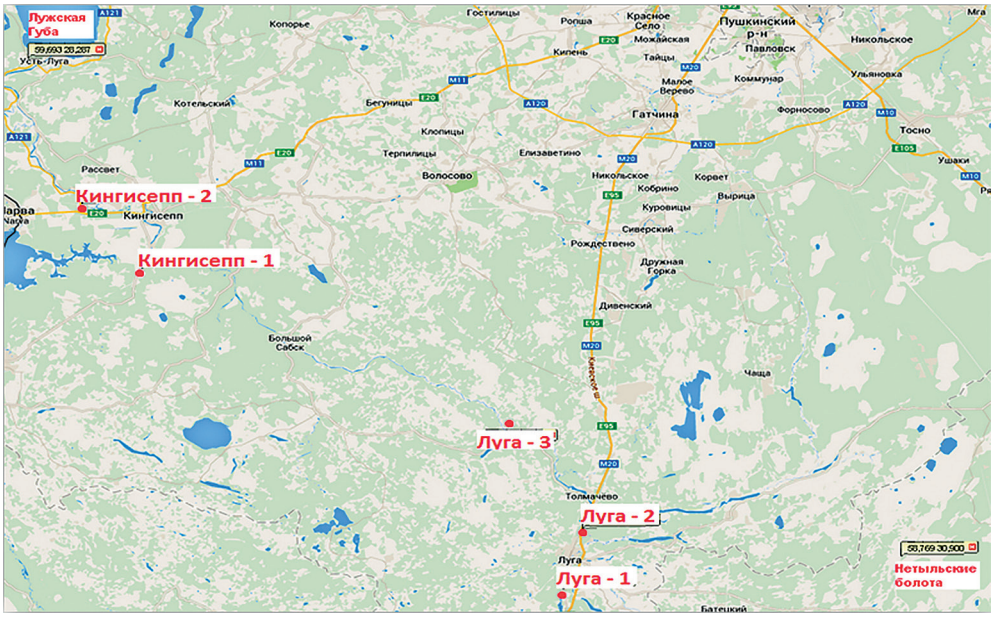

Рис. 1. Бассейн р. Луги [2]

Исходными материалами для исследования являются данные наблюдений за гидрохимическим режимом на р. Луге за период с 1984 по 2002 г. в пунктах наблюдений:

Пост №29290, г. Луга (3 створа)

– первый створ (Луга 1) расположен в 227 км от устья в 1,1 км выше г. Луга и в 1,5 км выше впадения р. Вревка;
– второй створ (Луга 2) — в 187 км от устья в 2,33 км ниже г. Луга, в 3 км ниже впадения р. Оредеж (Луга 2);
– третий створ (Луга 3) — в 170,8 км от устья, в 49,2 км ниже г. Луга.

Пост №29291, г. Кингисепп (2 створа)

– первый створ (Кингисепп 1) расположен в 72,5 км от устья, в 4,5 км выше г. Кингисепп, в 0,5 км выше впадения р. Славянка;

– второй створ (Кингисепп 2) — в 56 км от устья, в 12 км ниже г. Кингисепп, в 6 км ниже впадения р. Падожица [3].

Данные наблюдений предоставлены Северо-Западным межрегиональным территориальным управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (СЗУГМС).

Актуальность исследований определяется тем, что р. Луга впадает в Финский залив, и естественно оказывает большое влияние на экологическое состояние его прибрежных вод. В тоже время известно, что в настоящее время р. Луга и ее притоки испытывают на себе существенную антропогенную нагрузку, поскольку здесь, особенно в низовье, после 60-х гг. интенсивно развивались промышленность и сельское хозяйство [4, 5].

Изучение динамики загрязнения водных объектов, прогнозы их состояния, расчеты и оценки возможного влияния антропогенных факторов опираются на данные наблюдений. Поэтому качество этих оценок и прогнозов во многом определяются качеством данных наблюдений и результатами их первичной обработки. В частности это касается расчета среднегодовой концентрации [6].

При расчетах и использовании данных о средних годовых концентрациях необходимо иметь в виду следующие обстоятельства:

1. В настоящее время среднегодовая концентрация $\overline{C}$ рассчитывается чаще всего как среднеарифметическое значение измеренных за год значений концентрации C_i (стандартный метод) по формуле:

$$\overline{C} = \frac{\sum_{1}^{n} C_i}{n}, \tag{1}$$

где i — номер пробы; n — число проб в году.

Гораздо реже используется расчет средних годовых концентраций с учетом водности Q_i в период взятия проб по формуле:

$$\overline{C} = \frac{\sum_{1}^{n} C_i Q_i}{\sum_{1}^{n} Q_i}. \tag{2}$$

Ранее было показано [7], что расчет по формуле (1) дает объективные результаты только в случае, если расходы воды в течение года являются постоянными, что не соответствует действительности. Более объективными и физически обоснованными являются результаты расчетов по формуле (2), учитывающей изменения водности.

2. Так как даты отбора проб приурочены к основным фазам водного режима, сроки которых в силу естественных причин могут изменяться в разные годы, то соответственно временной интервал между отборами проб в разные годы не постоянен. Это означает, что разные измеренные значения концентраций освещают разные временные интервалы, то есть исходные временные ряды измеренных концентраций

являются неэквидистентными. Поэтому в работе [8] были предложены формулы расчета среднегодовых концентраций, учитывающих неэквидистентность рядов наблюдений (3):

$$S = \frac{\left(S_{k-1} + S_{\text{нг}} + S_{\text{кг}}\right)}{N}, \tag{3}$$

где N — число дней в году; S_{k-1} — сумма среднесуточных концентраций за период от первого до последнего измерения концентраций в данный год; $S_{\text{нг}}$ — сумма среднесуточных концентраций за период от начала года до первого измерения концентраций; $S_{\text{кг}}$ — сумма среднесуточных концентраций за период от последнего измерения концентрации до конца года [6].

3. В большинстве случаев концентрации загрязняющих веществ в реках определяются фоновой нагрузкой и регулярным антропогенным воздействием. Однако в ряде случаев повышенные концентрации могут определяться аварийными сбросами предприятий и чрезвычайными, редко повторяющимися неблагоприятными гидрометеорологическими явлениями. По своему генезису эти концентрации отличаются от всех других наблюденных значений и должны быть исключены из общего ряда наблюдений, то есть должны исследоваться отдельно. Кроме того аварийные выбросы как правило непродолжительны, чаще всего их продолжительность не превышает двух трех дней. В то время как при двенадцати срочных наблюдениях каждому значению измеренных концентраций приписывается продолжительность один месяц, а при четырех срочных измерениях три месяца. Поэтому учет оценок выбросов в общем ряду наблюдений приводит к завышению оценок средних годовых концентраций и годовых объемов стока биогенных веществ. Определение выбросов в общем ряду наблюдений производилось по методике, изложенной в работе [9].

Опубликованные работы, оценивающие сток биогенов по р. Луге, к сожалению, не учитывают этих обстоятельств. Между тем, как показали исследования по р. Великой [9], учет их может в существенной степени сказаться на результате расчетов и анализа объемов годового стока биогенов.

На первом этапе исследований стока соединений азота были произведены расчеты среднегодовых концентраций по каждому из 3 соединений отдельно для каждого года и пункта наблюдений с учетом и без учета выбросов, водности, и неэквидистентности информации, а также, абсолютные Δ_i и относительные погрешности δ_i, % за счет неучета этих особенностей.

В табл. 1 представлены значения выбросов в рядах наблюдений, которые были исключены из рядов наблюдений после построения кривых обеспеченности, построенных в поле клетчатки вероятности с умеренной асимметричностью. Было выявлено, что почти на каждом из графиков имеется от 1 до 3 эмпирических точек, резко отклоняющихся в сторону завышения от теоретической кривой обеспеченности, что послужило основанием отнести их к выбросам. Анализируя таблицу можно заметить, что чаще всего выбросы в рядах наблюдений наблюдались по азоту аммонийному и азоту нитритному в 2002 г., по азоту нитратному 1987 г.

Таблица 1

Выбросы в рядах измеренных концентраций соединений азота р. Луга, 1984–2002 гг.

№ п/п	Пункт наблюдений/ створ	Азот аммонийный, $N\text{-}NH_4^+$, мг/дм^3		Азот нитритный, $N\text{-}NO_2^-$, мг/дм^3		Азот нитратный, $N\text{-}NO_3^-$, мг/дм^3	
		Год	Значение	Год	Значение	Год	Значение
1	г. Луга 1	1986	0,36	2002	0,27	-	-
		1997	0,36				
2	г. Луга 2	1985	1,04	2002	0,17	-	-
3	г. Луга 3	1987	0,31	2002	0,16	1987	2,51
		1987	0,34			1988	2,5
4	г. Кингисепп 1	1985	0,87	2001	0,22	1987	3,4
		2002	0,17			1986	2,88
		1984	0,19				
5	г. Кингисепп 2	2002	0,23	1986	0,2	1986	2,6
		2002	0,16	1990	0,09	1987	2,8
				2001	0,13		

В табл. 2 представлена характеристика погрешностей расчетов средних годовых концентраций соединений азота за счет неучета водности и неэквидистентности информации по исходным рядам наблюдений и при исключении выбросов. В первом столбце таблицы указаны градации погрешностей расчетов в процентах по отношению к значениям с учетом особенностей информации, во втором — число случаев погрешностей концентраций, которое входит в данный интервал, в третьем — число случаев в процентах по каждому элементу. Как следует из представленных данных, погрешности расчетов средних годовых концентраций за счет неучета особенностей информации изменяются от −100 до +110 %, причем погрешности расчетов превышают более 20 % в 34 % случаев для азота аммонийного, в 39 % случаев для азота нитритного, в 40 % случаев для азота нитратного.

Значения погрешностей расчетов средних годовых концентраций соединений азота по исходным рядам за счет неучета водности и неэквидистентности варьируют в следующих пределах:

- азот аммонийный от −83 % (1996 г. — Луга 1) до 74 % (2001 г. — Кингисепп 1);
- азот нитритный от −90 % (1985 г. — Луга 1, 1999 г. — Кингисепп 2) до 63 % (1990 г. — Кингисепп 2);
- азот нитратный от −55 % (1994 г. — Луга 1) до 101 % (1996 г. — Кингисепп 1).

Таким образом погрешности расчетов за счет неучета водности и неэквидистентности по исходным рядам наблюдений достигают в отдельные годы 100 и более процентов.

Интересно, что при исключении выбросов значения погрешностей расчетов средних годовых концентраций соединений азота за счет неучета водности и неэквидистентности несколько уменьшаются и варьируют в следующих пределах:

– азот аммонийный от −58 % (1988 г. — Кингисепп 2) до 43 % (1997 г. — Луга 1);
– азот нитритный от −90 % (1988 г. — Кингисепп 1) до 54 % (1992г. — Кингисепп 2);
– азот нитратный от −55 % (1994г. — Луга 1) до 101 % (1996г. — Кингисепп 1).

Таблица 2

Погрешности расчетов средних годовых концентраций соединений азота за счет неучета водности и неэквидистентности информации по исходным рядам наблюдений и при исключении выбросов р. Луги, 1984–2002 гг.

Градации погрешностей, %	По исходным рядам наблюдений		При исключении выбросов	
	число случаев	число случаев в %	число случаев	число случаев в %
$N\text{-}NH_4^+$ (азот аммонийный)				
$-100 \leqslant \delta \leqslant -60$	2	2,7		
$-60 < \delta \leqslant -20$	15	20,2	12	16,2
$-20 < \delta \leqslant 20$	49	66,2	43	58,1
$20 < \delta \leqslant 60$	6	8,1	16	21,62
$60 < \delta \leqslant 100$	2	2,7	3	4
$N\text{-}NO_2^-$ (азот нитритный)				
$-100 \leqslant \delta \leqslant -60$	5	7,2	2	2,9
$-60 < \delta \leqslant -20$	15	21,7	16	23,1
$-20 < \delta \leqslant 20$	42	60,8	45	65,2
$20 < \delta \leqslant 60$	6	8,7	6	8,7
$60 < \delta \leqslant 70$	1	1,4		
$N\text{-}NO_3^-$ (азот нитратный)				
$-60 \leqslant \delta \leqslant -20$	17	20,9	15	18,5
$-20 < \delta \leqslant 20$	49	60,4	52	64,1
$20 < \delta \leqslant 60$	14	17,2	13	16
$60 < \delta \leqslant 100$				
$100 < \delta \leqslant 110$	1	1,2	1	1,2

Превышение ПДК характерно для азота нитратного в пункте наблюдений Кингисепп 2 по исходным рядам наблюдений при расчете принятым методом и с учетом водности.

Следующей задачей, поставленной в данной работе являлась проанализировать изменения концентраций и объемов стока соединений азота по длине р. Луги с учетом и без учета особенностей гидрохимической информации. В табл. 3 представлены результаты значений средних многолетних концентраций соединений азота по створам р. Луги, 1984–2002 гг., рассчитанные принятым методов, с учетом водности, неэквидистентности информации по исходным рядам наблюдений и при исключении выбросов.

Анализ изменений концентраций соединений азота проводился по графикам значений средних годовых концентраций по створам р. Луги с учетом и без учета водности в период взятия проб, а также с учетом неэквидистентности и выбросов, где в качестве примера на рис. 2 и 3 представлены графики средних многолетних концентраций азота

нитритного ($N\text{-}NO_2$) по исходным рядам наблюдений и при исключении выбросов по р. Луге, 1984–2002 гг.

Таблица 3

Среднемноголетние концентрации соединений азота р. Луги, 1984–2002 гг., рассчитанные принятым методом, с учетом водности и неэквидистентности (НЭ) информации по исходным рядам наблюдений и при исключении выбросов

Пункт наблюдений/ створ	Средняя многолетняя концентрация, мг/дм^3			Средняя многолетняя концентрация с учетом водности, мг/дм^3			Средняя многолетняя концентрация с учетом НЭ, мг/дм^3		
	$N\text{-}NH_4^+$	$N\text{-}NO_2^-$	$N\text{-}NO_3^-$	$N\text{-}NH_4^+$	$N\text{-}NO_2^-$	$N\text{-}NO_3^-$	$N\text{-}NH_4^+$	$N\text{-}NO_2^-$	$N\text{-}NO_3^-$
По исходным рядам наблюдений									
г. Луга 1	0,028	0,016	0,59	0,023	0,013	0,54	0,030	0,016	0,54
г. Луга 2	0,045	0,018	0,69	0,038	0,016	0,67	0,045	0,018	0,67
г. Луга 3	0,029	0,019	0,59	0,031	0,016	0,57	0,028	0,018	0,58
г. Кингисепп 1	0,033	0,012	0,64	0,016	0,008	0,55	0,031	0,011	0,55
г. Кингисепп 2	0,022	0,025	0,61	0,017	0,024	0,53	0,023	0,028	0,59
При исключении выбросов									
г. Луга 1	0,019	0,012	0,59	0,016	0,010	0,54	0,019	0,012	0,54
г. Луга 2	0,032	0,015	0,69	0,030	0,014	0,67	0,031	0,016	0,67
г. Луга 3	0,016	0,016	0,55	0,015	0,015	0,50	0,017	0,016	0,54
г. Кингисепп 1	0,016	0,009	0,58	0,014	0,007	0,53	0,015	0,009	0,54
г. Кингисепп 2	0,018	0,010	0,54	0,016	0,009	0,51	0,019	0,011	0,53

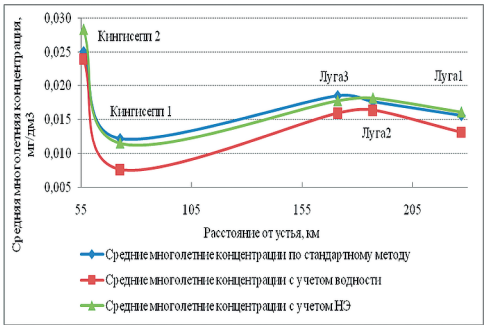

Рис. 2. Средние многолетние концентрации азота нитритного ($N\text{-}NO_2$) по длине р. Луги, 1984–2002 гг.

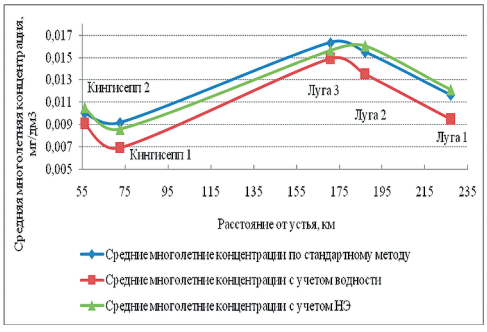

Рис. 3. Средние многолетние концентрации азота нитритного ($N\text{-}NO_2$) при исключении выбросов р. Луги, 1984–2002 гг.

Результаты расчетов среднемноголетних концентраций по исходным рядам наблюдений показали, что наибольшие среднемноголетние концентрации азота аммонийного

наблюдались в г. Луга 2 створ, наименьшие в г. Кингисепп 2 створ. Наибольшие среднемноголетние концентрации азота нитритного зафиксированы в Кингисеппе 2 створ, наименьшие в Кингисеппе 1 створ. Наибольшие среднемноголетние концентрации азота нитратного наблюдались в Луге 2 створ, наименьшие — в Кингисеппе.

Результаты расчетов среднемноголетних концентраций при исключении выбросов соединений азота по р. Луге (1984–2002 гг.) показали, что наибольшие концентрации азота аммонийного наблюдаются в пункте наблюдений г. Луга 2 створ, наименьшие в пункте наблюдений г. Кингисепп 1 створ. Наибольшие среднемноголетние концентрации азота нитритного наблюдаются в г. Луге 3 створ, наименьшие в г. Кингисеппе 1 створ. Среднемноголетние концентрации азота нитратного наибольшие выявлены в г. Луге 2 створ, наименьшие в г. Кингисеппе. Закономерного приращения средних многолетних концентраций от истока к устью не было выявлено ни одним из методов.

При использовании современных методов расчетов изменяются средние многолетние концентрации. Здесь возможные погрешности расчетов среднегодовых концентраций достигают при неучете водности по исходным рядам наблюдений для азота аммонийного от −7 % до 108 %, для азота нитритного от 4 % до 60 %, для азота нитратного от 2 % до 17 %. При неучете неэквидистентности по исходным рядам наблюдений погрешности расчетов среднегодовых концентраций для азота аммонийного варьируют от −12 % до 28 %, для азота нитритного от 12 % до 48 %, для азота нитратного от –0,25 % до 45 %.

При неучете водности при исключении выбросов среднемноголетние погрешности концентраций азота аммонийного варьируют от −6 % до 37 %, азота нитритного от 9 % до 31 %, азота нитратного от 2 % до 9 %. При неучете неэквидистентности при исключении выбросов среднемноголетние погрешности концентрации азота аммонийного варьируют от −5 % до 41 %, азота нитритного от 0,66 % до 24 %, азота нитратного от −0,28 % до 20 %.

В табл. 4 приведены результаты погрешностей расчетов средних многолетних концентраций соединений азота за счет неучета водности и неэквидистентности информации по исходным рядам наблюдений и при исключении выбросов, где можно заметить насколько отличаются значения при исключении выбросов.

Важно отметить, что в данном случае выбросы завышают значения, как среднегодовые, так и среднемноголетние значения концентраций.

В табл. 5 представлены значения среднемноголетнего объема стока соединений азота р. Луги, с 1984 по 2002 г., рассчитанные принятым методом, с учетом водности и неэквидистентности информации по исходным рядам наблюдений и при исключении выбросов.

Результаты расчетов среднемноголетних объемов стока соединений азота показывают, что наименьшие значения среднемноголетнего объема стока наблюдаются в г. Луге 1 створ, наибольшие в г. Кингисеппе.

Закономерное приращение значений среднемноголетнего объема стока характерно для азота нитритного по всем методам, кроме метода с учетом водности при исключении выбросов. Для азота аммонийного приращение среднемноголетнего объема стока показал метод, учитывающий водность реки в период взятия проб на гидрохимический анализ по исходным рядам наблюдений. Метод, учитывающий, неэквидистентность информации выявил приращение среднемноголетнего объема стока для нитратного азота по исходным рядам наблюдений.

Таблица 4

Погрешности расчетов средних многолетних концентраций соединений азота р. Луги (1984–2002 гг.), рассчитанных различными методами по исходным рядам наблюдений и при исключении выбросов

Пункт наблюдений/створ			г. Луга 1	г. Луга 2	г. Луга 3	г. Кингисепп 1	г. Кингисепп 2
Средняя многолетняя концентрация, мг/дм^3	$N\text{-}NH_4^+$	Δ	0,009	0,013	0,012	0,016	0,004
		δ, %	47,87	41,66	76,13	94,20	21,14
	$N\text{-}NO_2^-$	Δ	0,003	0,001	0,003	0,005	0,001
		δ, %	21,55	8,07	15,89	50,17	10,75
	$N\text{-}NO_3^-$	Δ	0	0	0,044	0,062	0,066
		δ, %	0	0	8	10,66	12,10
Средняя многолетняя концентрация с учетом водности, мг/дм^3	$N\text{-}NH_4^+$	Δ	0,007	0,008	0,016	0,003	0,015
		δ, %	44,65	27,51	106,84	19,13	12
	$N\text{-}NO_2^-$	Δ	0,004	0,003	0,001	0,001	0,015
		δ, %	37,47	20,98	6,64	9,19	162,40
	$N\text{-}NO_3^-$	Δ	0	0	0,068	0,018	0,016
		δ, %	0	0	13,39	3,42	3,14
Средняя многолетняя концентрация с учетом НЭ, мг/дм^3	$N\text{-}NH_4^+$	Δ	0,012	0,016	0,012	0,014	0
		δ, %	62,04	51,55	71,38	119,27	0
	$N\text{-}NO_2^-$	Δ	0	0	0	0,003	0,007
		δ, %	0	0	0	43,83	68,81
	$N\text{-}NO_3^-$	Δ	0	0	0,05	0,05	0,03
		δ, %	0	0	9	10,53	5,24

Таблица 5

Значения среднемноголетнего объема стока соединений азота р. Луги, 1984–2002 гг., рассчитанные принятым методом, с учетом водности и неэквидистентности информации по исходным рядам наблюдений и при исключении выбросов

Пункт наблюдений/створ	Средний многолетний объем стока, т/год			Средний многолетний объем стока с учетом водности, т/год			Средний многолетний объем стока с учетом НЭ, т/год		
	$N\text{-}NH_4$	$N\text{-}NO_2$	$N\text{-}NO_3$	$N\text{-}NH_4$	$N\text{-}NO_2$	$N\text{-}NO_3$	$N\text{-}NH_4$	$N\text{-}NO_2$	$N\text{-}NO_3$
По исходным рядам наблюдений									
г. Луга 1	93	47	2054	72	37	1960	95	49	1866
г. Луга 2	302	95	4768	253	89	4691	294	96	4598
г. Луга 3	227	108	4734	255	90	4646	216	103	4637
г. Кингисепп 1	651	212	11898	282	127	9745	616	201	10115
г. Кингисепп 2	393	441	11077	305	422	9430	412	459	10641
При исключении выбросов									
г. Луга 1	63	37	2054	48	28	1960	66	38	1866
г. Луга 2	223	90	4768	205	82	4691	212	91	4598
г. Луга 3	114	99	4290	108	78	3980	117	95	4204
г. Кингисепп 1	308	156	10458	244	126	9351	281	147	9643
г. Кингисепп 2	330	160	9605	290	150	9068	350	173	9387

В качестве примера рис. 4 и 5 отражают изменения среднего многолетнего объема стока азота нитритного ($N\text{-}NO_2$) по исходным рядам наблюдений и при исключении выбросов по створам р. Луги.

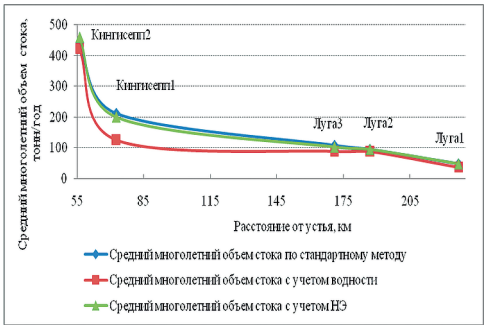

Рис. 4. Средний многолетний объем стока азота нитритного ($N\text{-}NO_2$) по исходным рядам наблюдений р. Луги, 1984–2002 гг.

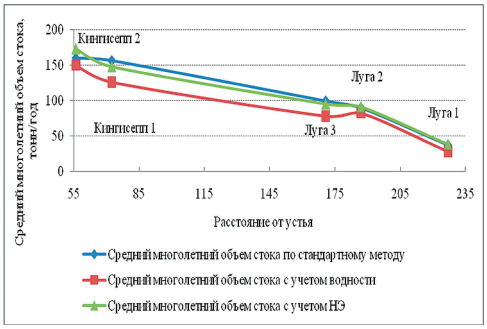

Рис. 5. Средний многолетний объем стока азота нитритного ($N\text{-}NO_2$) при исключении выбросов р. Луги, 1984–2002 гг.

Анализируя табл. 6 стоит отметить, что во всех рассмотренных случаях неучет особенностей гидрохимической информации при расчете среднего многолетнего стока приводит к не оправданному завышению или занижению средних годовых концентраций, кроме того экстремальные значения — выбросы, неоправданно завышают значения среднемноголетних концентраций.

Таблица 6

Погрешности расчетов среднего многолетнего объема стока соединений азота р. Луги (1984–2002 гг.), рассчитанных различными методами по исходным рядам наблюдений и при исключении выбросов

Пункт наблюдений/ створ			г. Луга1	г. Луга 2	г. Луга 3	г. Кингисепп 1	г. Кингисепп 2
Средний многолетний объем стока, т/год	$N\text{-}NH_4^+$	Δ	30	79	113	325	59
		δ, %	47,12	35,28	99,20	111,26	18,93
	$N\text{-}NO_2^-$	Δ	8,80	4,73	7,96	49,71	273,78
		δ, %	28,37	5,57	8,52	35,56	194,21
	$N\text{-}NO_3^-$	Δ	0	0	444	1440	1472
		δ, %	0	0	10,34	13,77	15,32
Средний многолетний объем стока с учетом водности, т/год	$N\text{-}NH_4^+$	Δ	23,91	48,68	146,33	36,40	14
		δ, %	49,33	23,77	135,02	15,77	5
	$N\text{-}NO_2^-$	Δ	8,01	6,26	6,20	10,48	265,29
		δ, %	34,10	8,02	7,93	10,17	200,61
	$N\text{-}NO_3^-$	Δ	0	0	666,25	394,22	361,55
		δ, %	0	0	16,74	4,22	3,99

Пункт наблюдений/ створ			г. Луга1	г. Луга 2	г. Луга 3	г. Кингисепп 1	г. Кингисепп 2
Средний многолетний объем стока с учетом НЭ, т/год	$N\text{-}NH_4^+$	Δ	32,04	92,43	112,22	273,56	0
		δ, %	45,95	47,37	90,86	157,58	0
	$N\text{-}NO_2^-$	Δ	0	0	0	53,35	61,12
		δ, %	0	0	0	48,44	39,91
	$N\text{-}NO_3^-$	Δ	0	0	490,30	1166,50	708,01
		δ, %	0	0	11,02	14,12	7,66

Заключение

- При расчете средних годовых концентраций загрязняющих веществ в р. Луге необходимо принимать во внимание особенность исходных рядов измеренных значений концентраций.
- Неучет водности, и неэквидистентности вносит значительные ошибки, как в пространственный, так и во временной анализ динамики содержания биогенов.
- Необходимо принимать во внимание экстремальные значения.
- Наибольший численный вклад в значения стока загрязняющих веществ вносит нитратный и аммонийный азот, наименьший нитритный.

Литература

1. Ресурсы поверхностных вод суши. Т. 2. Ч. 1. Карелия и Северо-Запад. — Л.: Гидрометиздат, 1972.
2. Электронный ресурс: [https://maps.google.ru].
3. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Ч. 1. Режимы и каналы, т. 1, вып. 5, 1989.
4. *Шикломанов И.А.* Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. — Л.: Гидрометеоиздат, 1989. — 330 с.
5. *Шокина О.И., Марголина И.Л.* Факторы изменений структуры природопользования (на примере бассейна р. Луги). — СПб., 2009.
6. *Шелутко В.А., Смыжова Е.С.* Динамика стока биогенных веществ по реке Великая в Псковско-Чудское озеро. // Учёные записки РГГМУ, 2010, № 13, с. 89–104.
7. *Шелутко В.А., Колесникова Е.В.* Анализ погрешностей расчёта средних годовых концентраций загрязняющих веществ в реках за счёт неучёта водности. // Вестник СПбГУ, 2008, сер. 7, вып. 3.
8. *Смыжова Е.С., Шелутко В.А.* Учёт влияния неэквидистентности исходной информации на оценку биогенного загрязнения рек на примере реки Великая. // Материалы международной научно-практической конференции «Географичесское образование и наука в России: история и современное состояние». — СПб.: ВВМ, 2010.
9. *Шелутко В.А.* Оценка экстремальных уровней загрязнения речной сети урбанизированных территорий. // Вопросы прикладной экологии. Сборник научных трудов. — СПб.: РГГМУ, 2002, с. 15–23.