

О.Г. Іваненко, д.г.н., М.В. Захарова, к.г.н.
Одеський державний екологічний університет

УТОЧНЕННЯ МЕТОДУ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ОБРОБКИ МОНІТОРИНГОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ГІДРОХІМІЧНИЙ РЕЖИМ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

У статті наводиться короткий опис існуючих методів розрахунку виносу іонного стоку, описується сутність та переваги запропонованого методу сплайн-інтерполяції, проводиться уточнення розрахованих середньорічних даних витрат іонів статистичними методами.

Ключові слова: моніторингова інформація, іонний стік, концентрація, середньорічні витрати, кореляція, сплайн-інтерполяція.

Вступ. У сучасний період за наявності доступних методів спостереження, запису, зберігання і розповсюдження даних моніторингової інформації виникає необхідність аналізу отриманих результатів вимірювань показників природного середовища. Особливо це важливо при спробі дотриматися принципів системності, комплексності, зіставності і репрезентативності гідрометеорологічних спостережень, що передбачено Законом про гідрометеорологічну діяльність від 18.02.1999 №443-XIV [1].

Основне призначення системи моніторингу поверхневих вод полягає в наданні надійної інформації про якість вод річок і водойм в різні моменти часу і точках простору. Багаторічний комплексний моніторинг здатний указати на стійкі зміни гіdroхімічних показників водного об'єкта і з'ясувати причини негативного впливу на якість вод. Великі обсяги гіdroхімічної інформації і вимоги до скорочення термінів її обробки і аналізу обумовлюють використання сучасних автоматизованих методів узагальнення даних моніторингу на ПЕОМ.

Матеріали і методи дослідження. В цій роботі розглядаються питання оцінки автоматизованого методу обчислення добових даних гіdroхімічних показників природних вод, що вивчаються на річках Карпатського регіону.

У роботах [2,3] докладно описані 4 групи методів розрахунків річних значень іонного стоку, винесеного річковим стоком через гідрометричний створ – прямі, кореляційні і непрямі. Але найчастіше використовують графічний метод, при якому використовуються значення даних аналізів проб, що відбираються протягом всього періоду спостережень. За цими даними визначаються середньозважені об'єми водного стоку річки за період, що тяжіє до заданої дати, і встановлюються концентрації іонів. При відновленні кривої зміни концентрацій іонного стоку в часі використовуються спостережені для певних географічних районів обернено пропорційні залежності концентрацій іонів від витрат руслового стоку, що дає можливість залучити детально вимірювані гіdroлогічні дані і використовувати їх для врахування динаміки іонного стоку [4]. Проте зв'язок загальної концентрації іонів з витратою води при одночасному стоці вод підземного і поверхневого походження в річці часто порушується. В цьому випадку слід чекати більшої відповідності між концентрацією іонів в підземному стоці з його витратою. Тут проявляється різний характер зміни концентрації заданої речовини, що виноситься стоком поверхневого чи ґрунтового походження. Це досить упевнено доведено в роботі П.П. Воронкова [5].

Тому в основі запропонованого методу автоматизованого розрахунку стоку речовин лежить положення про попереднє розчленовування гіdroграфа водного стоку на дві основні складові – підземну і поверхневу. Для цього використовуються відомі в

гідрології методи розчленування гідрографа [6]. Зрізання підземного стоку зазвичай проводиться на комплексному графіку, де показаний річний хід елементів режиму стоку і його чинників – добових опадів, температур повітря. Відсутність опадів на басейні незарегульованої річки протягом певного проміжку часу свідчить про наявність тільки підземного припливу, з витратою якого ув'язується концентрація іонного стоку. Наявність таких залежностей дозволяє провести криву витрат підземного стоку і перерахувати її в криву іонного стоку з підземними водами для всіх діб року. Описана операція дозволяє за різницею між загальним іонним стоком і підземним перейти до витрат іонного стоку з поверхневими водами.

Автоматизований метод призначений для розрахунків середньодобових концентрацій або витрат виносу розчинених речовин водним стоком окремо для синхронних значень його поверхневої і підземної складової.

Безперервний хронологічний графік внутрішньорічної зміни показників виносу заданих іонів зрізується за допомогою методу сплайн-інтерполяції із заданим показником гладкості кривої [7,10]. Розроблена на ПЕОМ програма дозволяє проводити аналіз достовірності цієї кривої і уточнювати положення ординат кривої в діалоговому режимі для окремих періодів року, якщо в цьому виникає необхідність [8].

В процесі розрахунків обчислюються таблиці типу ТГ-2 для всіх видів середньодобового іонного стоку, проводиться розрахунок середніх значень декадних, місячних і річних величин стоку, а також вибірка максимальних і мінімальних його значень.

За цими даними в роботі була проведена оцінка точності виконаних розрахунків середньорічних значень на базі відомої в статистиці формули [9]

$$M(x, y) = M(x) \cdot M(y) + r_{x,y} \sigma_x \sigma_y, \quad (1)$$

де $M(x, y)$ – математичне сподівання добутку двох змінних x і y ;

$M(x)$ і $M(y)$ – математичне сподівання кожної змінної окремо;

$r_{x,y}$ – коефіцієнт кореляції зв'язку між двома даними змінними;

σ_x і σ_y – середньоквадратичні відхилення значень x і y відповідно.

З деяким наближенням вираз (1) можна записати, замінивши математичне сподівання в лівій частині (1) середнім значенням синхронних добутків x на y для кінцевої кількості N членів

$$\frac{\sum_{i=1}^n xy}{N} = \bar{x} \cdot \bar{y} + r_{x,y} \sigma_x \sigma_y, \quad (2)$$

де \bar{x} і \bar{y} – середні значення змінних в двох синхронних рядах завдовжки N .

Таким чином, рівняння (2) відбиває співвідношення між середнім арифметичним значенням змінних x і y та добутком синхронних значень змінних x і y .

Якщо рівняння (2) переписати у наступному вигляді, то можна побачити, що різниця в результатах залежить від правої частини рівняння (3)

$$\sum_{i=1}^n xy - \bar{x} \cdot \bar{y} = r_{x,y} \sigma_x \sigma_y. \quad (3)$$

Цей висновок має певне значення для оцінки точності розрахунків добових витрат, що виносяться водним стоком через річковий створ. Як відомо, для високої надійності і точності підрахунків необхідно використовувати комплексні дані різноманітних видів гідрометеорологічної інформації, а саме, виміри елементів спостережень за однакові інтервали часу. Тобто для підрахунку середньодобових значень витрат речовин як добутку даних витрат води і концентрацій речовин (елементи x і y) необхідно, щоб обидва ці елементи x і y були представлені середніми значеннями для всіх днів року (365 або 366). Тільки в цьому випадку при достовірних добових значеннях x і y можна досягти відповідно витрат речовин заданої точності.

Помилку розрахунків середньорічних значень, обчислених для різних інтервалів осереднення, можна встановити за виразом правої частини рівняння (3), а саме

$$\Delta z = r_{x,y} \sigma_x \sigma_y, \quad (4)$$

де Δz – нев’язка визначення невідповідності найбільш точного значення $\sum_{i=1}^n \bar{x} \bar{y}$ та його наближеного значення $\bar{x} \cdot \bar{y}$ при використанні синхронних рядів x і y .

Результати дослідження та їх аналіз. В роботі проводився розрахунок добового стоку іонів нітриту NO_2^- за матеріалами гідрометеорологічних спостережень для 12 постів, розташованих на річках Карпатського регіону. В результаті розрахунків за методом сплайн-інтерполяції авторами були отримані таблиці добових витрат іонів нітриту NO_2^- . Перевірка точності розрахунків середньорічних значень витрат була виконана для різних інтервалів осереднення: одна доба, декада, місяць, рік.

У табл. 1 містяться результати перевірки розрахунків середньорічних значень витрат іонів нітриту NO_2^- в загальному стоці за формулою (2).

Таблиця 1 – Результати перевірки розрахунків середньорічних значень витрат іонів нітриту NO_2^-

№	Річка-пост	Рік	\overline{QC}	$\overline{Q} \cdot \overline{C}$	r	σ_Q	σ_C	Δz
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	р. Тиса – м. Вілок	2000	6.46	5.87	0.20	297	0.01	0.59
2	р. Латориця – м. Мукачеве	2000	1.63	1.47	0.15	46	0.023	0.16
3	р. Тиса – м. Рахів	2000	1.41	1.16	0.57	25.9	0.019	0.28
4	р. Ріка – м. Міжгір’я	2000	0.10	0.09	0.19	18.6	0.005	0.02
5	р. Тересва – с. Усть-Чорна	2000	1.04	0.90	0.43	20.1	0.016	0.14
6	р. Латориця – м. Чоп	2000	4.63	4.53	0.07	59.3	0.02	0.08
7	р. Пилипець – с. Пилипець	1965	0.11	0.10	0.34	2.30	0.009	0.01
8	р. Прут – м. Яремча	1966	1.96	1.08	0.86	10.3	0.098	0.86
9	р. Репінка – с. Репіне	1967	0.44	0.28	0.61	10.7	0.026	0.17
10	р. Студений – с. Н. Студений	1967	0.02	0.013	0.68	1.05	0.009	0.01
11	р. Каменка – с. Дора	1968	0.12	0.062	0.65	0.47	0.18	0.05
12	р. Прут – м. Яремча	1968	2.48	1.94	0.63	14.2	0.062	0.55
13	р. Репінка – с. Репіне	1968	3.74	2.04	0.51	11.8	0.28	1.69

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	р. Ріка- м. Міжгір'я	1968	1.80	1.05	0.59	25.0	0.05	0.74
15	р. Ріка – м. Міжгір'я	1969	2.96	1.96	0.74	3.47	0.39	1.00
16	р. Пилипець – с. Пилипець	1970	0.31	0.27	0.31	2.08	0.049	0.03
17	р. Репінка – с. Репіне	1970	1.65	1.26	0.61	8.25	0.07	0.35
18	р. Ріка – м. Міжгір'я	1970	3.86	2.48	0.65	20.7	0.096	1.30
19	р. Буярьський – с. Буярьський	1971	0.033	0.022	0.59	0.19	0.11	0.01
20	р. Пилипець – с. Пилипець	1972	0.039	0.04	-0.47	1.74	0.003	0
21	р. Репінка – с. Репіне	1972	0.32	0.26	0.47	5.61	0.024	0.06
22	р. Ріка – м. Міжгір'я	1972	0.68	0.59	0.46	12.3	0.014	0.08
23	р. Студений – с. Н. Студений	1972	0.021	0.016	0.70	0.62	0.011	0.005
24	р. Пилипець – с. Пилипець	1973	0.025	0.02	0.46	1.02	0.013	0.006
25	р. Репінка – с. Репіне	1973	0.12	0.08	0.52	3.49	0.021	0.04
26	р. Ріка – м. Міжгір'я	1973	1.71	1.20	0.47	9.37	0.11	0.48
27	р. Ріка – м. Міжгір'я	1974	0.11	0.10	0.39	21.0	0.001	0.008
28	р. Студений – с. Н. Студений	1974	0.004	0.0019	0.72	1.06	0.0021	0.0016

При аналізі табл. 1 видно, що середньорічні значення в залежності від способу осереднення, відрізняються на величину помилки Δz , яка розраховується за допомогою формули (4). Слід також відзначити, що значення коефіцієнтів кореляції r відрізняються великою різноманітністю по різних річках і роках спостережень. Такі значні коливання статистичних характеристик свідчать про значну неоднорідність використаної вхідної інформації і про необхідність використання більш детальної інформації для отримання достовірних даних про їх середньорічні значення.

Для того, щоб оцінити необхідну частоту вхідної розрахункової інформації про концентрації хімічної речовини і витрати води для надійного і точного способу підрахунків середньорічних значень витрат хімічного стоку, в роботі було проведено осереднення за різні інтервали часу: добу – частота 1 раз на рік, декаду – частота 36 разів на рік, місяць – частота 12 разів на рік і рік – частота 365 (366) разів на рік. В табл. 2 наведені дані цих розрахунків, а також їх кількісні величини відносно середньорічного значення

$$\Delta R_1 = \frac{\bar{Q} \cdot \bar{C}}{\bar{QC}}, \Delta R_2 = \frac{\bar{Q}_m \cdot \bar{C}_m}{\bar{QC}}, \Delta R_3 = \frac{\bar{Q}_d \cdot \bar{C}_d}{\bar{QC}}, \Delta R_0 = \frac{\bar{QC}}{\bar{QC}}, \quad (5)$$

де \bar{Q} , \bar{Q}_m , \bar{Q}_d – середньорічне значення витрат води з інтервалом осереднення відповідно одна доба, місяць, декада, м³/с;

\bar{C} , \bar{C}_m , \bar{C}_d – середньорічне значення концентрації іонів нітриту NO_2^- з інтервалом осереднення відповідно одна доба, місяць, декада, мг/дм³;

\bar{QC} – середнє арифметичне значення витрат іонів нітриту NO_2^- з інтервалом осереднення рік, г/с.

Згідно з (5) ΔR_0 дорівнюватиме 1.

Таблиця 2 – Розрахунок відносних величин середньорічних значень витрат іонів нітриту NO_2^- за різні інтервали осереднення

Нумерація постів за табл. 1	Витрати іонів нітриту NO_2^- при різній частоті розрахунку, г/с				Відносні величини витрат іонів нітриту NO_2^-		
	$\bar{Q} \cdot \bar{C}$	$\bar{Q}_m \cdot \bar{C}_m$	$\bar{Q}_d \cdot \bar{C}_d$	$\bar{Q}\bar{C}$	ΔR_1	ΔR_2	ΔR_3
1	2	3	4	5	6	7	8
1	5.87	6.40	6.38	6.46	0.91	0.99	0.99
2	1.47	1.61	1.61	1.63	0.90	0.99	0.99
3	1.16	1.36	1.36	1.41	0.82	0.96	0.96
4	0.09	0.09	0.09	0.10	0.90	0.90	0.90
5	0.90	1.03	1.03	1.04	0.86	0.99	0.99
6	4.53	4.58	4.60	4.63	0.98	0.99	0.99
7	0.10	0.10	0.10	0.11	0.91	0.91	0.91
8	1.08	1.27	1.43	1.96	0.55	0.65	0.73
9	0.28	0.34	0.37	0.44	0.64	0.77	0.84
10	0.0133	0.0161	0.0167	0.0200	0.66	0.80	0.83
11	0.0621	0.0667	0.0727	0.1200	0.52	0.55	0.60
12	1.94	2.16	2.20	2.48	0.78	0.87	0.89
13	2.04	2.65	3.39	3.74	0.64	0.77	0.84
14	1.05	1.24	1.43	1.80	0.58	0.69	0.79
15	1.96	2.49	2.66	2.96	0.66	0.84	0.90
16	0.27	0.30	0.30	0.31	0.87	0.97	0.97
17	1.26	1.49	1.54	1.65	0.76	0.90	0.93
18	2.48	3.27	3.47	3.86	0.64	0.85	0.90
19	0.0216	0.0259	0.0283	0.0330	0.65	0.78	0.86
20	0.04	0.04	0.04	0.039	1.02	1.03	1.02
21	0.26	0.28	0.30	0.32	0.81	0.87	0.94
22	0.59	0.63	0.65	0.68	0.87	0.93	0.96
23	0.0164	0.0173	0.0190	0.0210	0.78	0.82	0.90
24	0.02	0.02	0.02	0.025	0.80	0.80	0.80
25	0.08	0.09	0.10	0.12	0.67	0.75	0.83
26	1.20	1.38	1.53	1.71	0.70	0.81	0.89
27	0.10	0.11	0.11	0.11	0.91	1	1
28	0.0019	0.0029	0.0031	0.004	0.47	0.72	0.77
Середнє значення	1.03	1.18	1.24	1.35	0.76	0.85	0.89

Аналіз табл. 2 показує, що результати розрахунків середньорічних значень за різними інтервалами осереднення сильно відрізняються. При частоті вхідної розрахункової інформації про концентрації хімічної речовини і витрати води 1 раз на рік (0.0027) середнє значення витрат дорівнює 1.03 г/с, при частоті вхідної розрахункової інформації 12 разів на рік (0.033) середнє значення витрат дорівнює 1.18 г/с, при частоті вхідної розрахункової інформації 36 разів на рік (0.1) середнє значення витрат дорівнює 1.24 г/с, при частоті вхідної розрахункової інформації 365 (366) разів на рік (1) середнє значення дорівнює 1.35 г/с, яке є найбільш точним

середнім значенням, розрахованим за формулою (2). Тобто необхідною мінімальною частотою вхідної розрахункової інформації про показники хімічного стоку для отримання надійного і достовірного середньорічного значення є щодобова частота 365 (366) разів на рік.

Для більш наочного представлення отриманих в табл. 2 результатів, було побудовано графік залежності відносних величин середньорічних значень витрат в % від частоти вхідної розрахункової інформації (рис. 1).

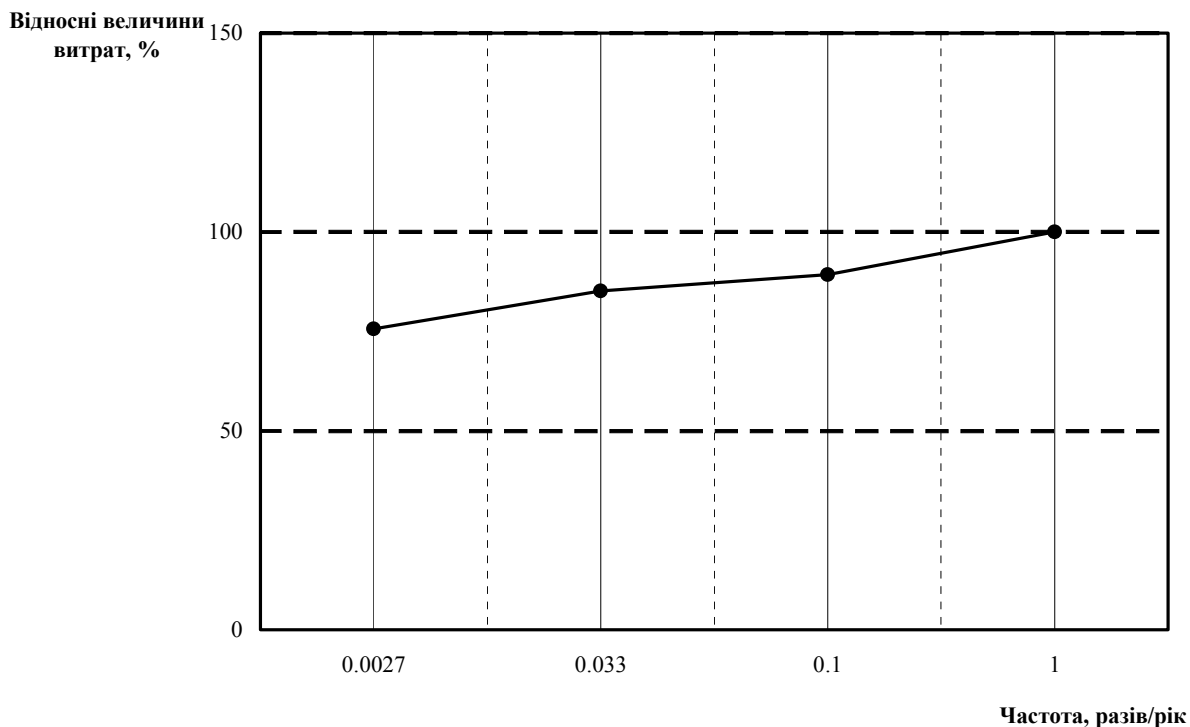


Рисунок 1 – Графік залежності відносних величин середньорічних значень витрат від частоти вхідної розрахункової інформації.

При аналізі рис. 1 видно, що точність розрахунків зростає при збільшенні інтервалу осереднення і досягає 100% при частоті вхідної розрахункової інформації 365 (366) разів на рік. Тобто найбільші помилки виникають при частоті вхідної розрахункової інформації 1 раз на рік (інтервал осереднення – одна доба), оскільки середнє значення $\Delta R_1=0.76$, потім – при частоті вхідної розрахункової інформації 12 разів на рік (інтервал осереднення – місяць) $\Delta R_2=0.85$, потім – при частоті вхідної розрахункової інформації 36 разів на рік (інтервал осереднення – декада) $\Delta R_3=0.89$, а найменша помилка відповідно досягається при частоті вхідної розрахункової інформації 365 (366) разів на рік (інтервал осереднення – рік) $\Delta R_0=1.00$. Загальна нев'язка розрахунків відносно 100% за даними табл. 2 може складати значні відхилення – до 50%.

Висновки. Авторами були обчислені складові формули (2) для ряду створів річок Карпатського регіону з метою виявлення оптимального інтервалу для розрахунків середньорічних витрат стоку іонів нітриту NO_2^- . Виявилось, що за наявності відповідності в коливаннях елементів Q і C , розрахунок виносу речовин по осереднених елементах на різні періоди може призвести до значних помилок

розрахунків середньорічних значень, оскільки нев'язка розрахунків для різних інтервалів осереднення відносно найбільш точного може складати значні відхилення – до 50%. Тобто це підкреслює необхідність розрахунку виносу речовин в добових інтервалах часу з частотою 365 (366) разів на рік.

Список літератури

1. Закон України про гідрометеорологічну діяльність // Відомості Верховної Ради (ВВР). – 1999. - №16. – С.95.
2. Алектин О.А., Бражнікова Л.В. Методы расчета ионного стока // Гидрохимические материалы. – 1963. – Т.ХХХV. – С.135-148.
3. Горев Л.М., Пелешенко В.И., Кирничный В.В. Методика оптимизации природной среды обитания. – Київ: «Либідь», 1992. – 522 с.
4. Гриб О.Н. Уточнение метода расчета ежедневных расходов минеральных веществ на малых реках Крыма // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2005. – Вип.49. – С.511-519.
5. Воронков П.П. Формирование химического состава атмосферных вод и влияние его на почвенные растворы и склоновые воды // Труды ГГИ. – 1963. – Вып.102. – С.21-50.
6. Соколов Б.Л., Саркисян В.О. Подземное питание горных рек (методы количественной оценки). – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 239 с.
7. Константинов А.Р., Химин Н.М. Употребления сплайнов и метода остаточных отклонений в гидрометеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 183 с.
8. Іваненко О.Г., Даус М.Є., Захарова М.В. Моделювання дощового паводкового стоку води та виносу хімічних речовин з малих водозборів Північно-Західного Причорномор'я // Причорноморський екологічний бюлетень. – 2006. – №3-4 (21-22), Ч.1. – С.113-119.
9. Голиков А.П., Черванев И.Г., Трофимов А.М. Математические методы в географии. – Харьков «Вища школа», 1986. – 144 с.
10. Kazumasa Mizumura Estimation of hydraulic data by spline function // Journal of Hydraulic Engineering. – 1985. – Vol.111. – P. 1219-1225.

Уточнение метода автоматизированной обработки мониторинговой информации о гидрохимическом режиме поверхностных вод. Іваненко О.Г., Захарова М.В.

В статье приведено короткое описание существующих методов расчета выноса ионного стока, описывается сущность и преимущества предложенного метода сплайн-интерполяции, проводится уточнение рассчитанных среднегодовых данных расходов ионов статистическими методами.

Ключевые слова: мониторинговая информация, ионный сток, концентрация, среднегодовые расходы, корреляция, сплайн-интерполяция.

Clarification of the automated treatment method of monitoring information about the hydrochemical mode of surface waters. Іvanenko O., Zakharova M.

The brief description of existent methods of calculation of flow-out ionic runoff, essence and advantages of the offered method of spline-interpolation is described, clarification of calculated charges of average annual ions is conducted by statistical methods is given in the article.

Key words: monitoring information, ionic runoff, concentration, charges of average annual, correlation, spline-interpolation.