

УДК [556.114.6+556.535] (477.85)

ГІДРОХІМІЧНИЙ РЕЖИМ РІЧКИ ДЕРЕЛУЙ

*Николаєв А.М.**Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича.*

Встановлено основні риси гіdroхімічного режиму річки Дерелуй - гіdroлогічного аналогу малих річок міста Чернівці. Проаналізовано детермінованість водністю вмісту і сезонної динаміки компонентів хімічного складу річкових вод.

Ключові слова: водність річки; гіdroлогічні сезони; мінералізація води; головні іони; розчинені гази; біологічні та органічні речовини.

Вступ. Стік річок урбанізованої території формується в умовах інтенсивного техногенного навантаження на водозбірні басейни. Наслідком впливу багаточисленних прямих і опосередкованих чинників є зміни гіdroлогічного і гіdroхімічного режимів річок міст [8]. Встановлення напрямків таких змін і, особливо, їх глибини є досить складним завданням, оскільки, за рідкісними винятками, гіdroхімічний режим малих річок є недостатньо дослідженим. Систематичні гіdroлогічні спостереження на малих річках міст майже не проводяться, найчастіше виконуються одноразові обстеження з метою оцінки їх сучасного екологічного стану. За результатами таких досліджень тенденції антропогенних змін можуть бути встановлені лише за наявності надійного критерію порівняння - показників і закономірностей природного гіdroхімічного режиму річок. Стан річки до антропогенного втручання найчастіше доводиться реконструювати, використовуючи метод гіdroлогічної аналогії [2; 7]. Аналогом малих річок Чернівців є річка Дерелуй, малі лівобережні допливи якої дренують південно-східну частину території міста. На цій річці у створі с.Молодія протягом 1953-1975 рр. виконувались систематичні гіdroлогічні спостереження, гіdroхімічний режим у цей період може характеризуватись як слабозмінений [10].

Аналіз попередніх досліджень. У цілому, гіdroхімічний режим басейну Пруту достатньо досліджений [3; 4; 10]. Разом з тим, основна увага науковців приділялась хімізму вод головної річки, розгляду його регіональних особливостей, які найбільш чітко простежується в межах малих басейнів, наразі присвячено небагато праць, зокрема дослідження Т. В. Соловей [13].

Виклад основного матеріалу. Хімічний склад і мінералізація руслових вод. У період зимової межени живлення річки Дерелуй відбувається за рахунок підземних вод, особливо при встановленні стійкого льодоставу, коли руслові води ізольовані від атмосферних опадів. У цей період мінералізація води річки становила, у середньому, 715 мг/дм³, змінюючись, залежно від погодних умов, від 550 до 955 мг/дм³. За співвідношенням вмісту

головних іонів вода належала, переважно, до гіdroкарбонатного класу групи кальцію другого типу. За умов низької водності внаслідок надходження високомінералізованих підземних вод протягом зимового меженого сезону спостерігались зміни групи хімічного складу руслових вод. Так, при витратах 0,1-0,3 м³/с формувались гіdroкарбонатно-натрієво-кальцієві і гіdroкарбонатно-натрієві води другого типу з мінералізацією до 1000 мг/дм³. При витратах 0,3-0,5 м³/с часом формувались гіdroкарбонатно-магнієві води другого типу.

У період весняного водопілля формування хімічного складу руслового стоку р.Дерелуй відбувається під впливом слабомінералізованого поверхнево-схилового і ґрунтово-поверхневого стоку, що призводить до різкого зменшення мінералізації. Так, у періоди весняного водопілля мінералізація води досліджуваної річки, змінюючись у діапазоні 352-458 мг/дм³, становила, у середньому, 396 мг/дм³, що в 1,8 рази нижче за її значення у зимовий межений сезон. Склад води був гіdroкарбонатно-кальцієвим, другого типу. Під час весняного водопілля не відбувалося змін хімічного складу води.

У періоди літньо-осінніх паводків річка Дерелуй живиться, переважно, слабомінералізованими поверхнево-схилівими і ґрунтово-поверхневими водами. Мінералізація води в ці періоди була найнижчою і, змінюючись у діапазоні 244-431 мг/дм³, становила у середньому 345 мг/дм³. Склад води був стабільним, гіdroкарбонатно-кальцієвим, другого типу.

Літньо-осіння межень на досліджуваній річці виражена нечітко, оскільки протягом літнього і, частково, осіннього періодів зазвичай проходить серія зливових паводків. Це призводить до значного розбавлення руслових вод водами поверхнево-схилового стоку, внаслідок чого мінералізація нижча, ніж у сезон зимової межени. Середнє її значення, змінюючись у межах 505-783, становило 647 мг/дм³. Хімічний склад води річки у цей гіdroлогічний сезон був, переважно, гіdroкарбонатно-кальцієвим, другого типу.

Водночас слід відмітити, що в окремі періоди стійкої літньо-осінньої межені відбувались його певні зміни. Так, при витратах води в межах 0,14-0,50 м³/с формувалися гідрокарбонатно-кальцієво-магнієві води другого та гідрокарбонатно-натрієві води третього типів з мінералізацією 500-900 мг/дм³, причому останні спостерігались при нижчих витратах у межах вищезгаданого діапазону.

Залежність мінералізації води р.Дерелуй-с.Коровія від водності добре апроксимується рівнянням степеневої функції (рис. 1).

Одержаний аналітичний вираз має вигляд:

$$M = 576.73Q^{-0.125}$$

коефіцієнт кореляції зв'язку становить -0,85.

Аналіз особливостей цієї залежності для різних гідрологічних сезонів показав таке:

- для зимової і літньо-осінньої межені характер залежності мінералізації від водності досить близький;

- при рівних витратах води її мінералізація під час літніх паводків була нижчою, ніж у періоди весняного водопілля, що також підтверджує більш високий ступінь розбавлення руслових вод поверхнево-схиловим стоком;

- під час найвищих дощових паводків у діапазоні витрат 130-170 м³/с спостерігалось деяке зростання мінералізації води. Дане явище може бути пояснене змиванням розчинних солей з поверхні водозбору під час інтенсивних дощів, що підтверджується висновками ряду дослідників, зокрема Д. В. Закревського [5] і С. І. Сніжка [12].

головних іонів. Концентрації окремих іонів також залежать від витрат води. Залежність іонного складу від витрат води апроксимувалася нами різними функціями. Репрезентативними вважались рівняння, для яких були отримані найвищі значення коефіцієнтів кореляції. Встановлено, що залежність концентрацій головних іонів від витрат для р.Дерелуй - с.Коровія найкраще апроксимується степеневим рівнянням, тобто характер зв'язку з водністю такий самий, як і для мінералізації води. У табл. 1 наводяться емпіричні рівняння залежності концентрацій головних іонів від витрат води і значення коефіцієнтів кореляції.

Наведені у табл.1 дані показують, що більш тісний зв'язок концентрацій іонів з витратами води досліджуваної річки характерний для іонів магнію, натрію і калію, гідрокарбонатів, хлоридів, слабше така залежність була виражена для сульфатів.

Мінералізація води досліджуваної річки лінійно зростала з підвищенням концентрацій головних іонів, зв'язок між ними апроксимується рівнянням прямої. У табл. 2 наведені емпіричні рівняння залежності мінералізації від концентрацій головних іонів і значення коефіцієнтів кореляції зв'язків.

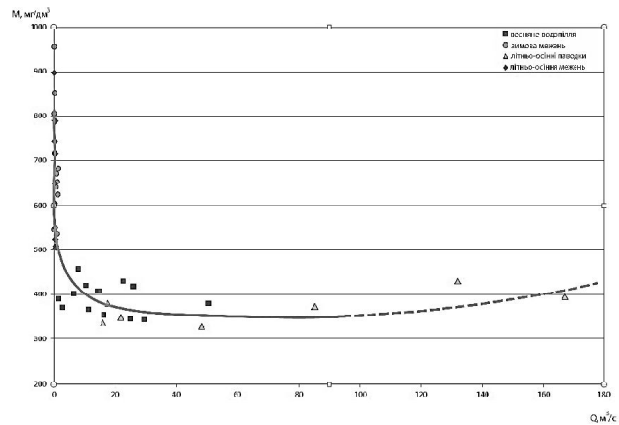


Рис. 1. Залежність мінералізації $M(Q)$ від витрат води Q р.Дерелуй - с.Коровія

Кореляційні співвідношення між мінералізацією води досліджуваної річки і концентраціями головних іонів (табл.2), близькі до таких для залежностей концентрацій головних іонів від витрат води (табл.1).

Фізико-географічні особливості водозбірної басейну, в умовах якого формується гідрохімічний режим річки, визначають і характер співвідношення між концентраціями головних іонів у водах руслового стоку. Дослідження зв'язків між концентраціями головних іонів у воді р.Дерелуй - с.Коровія показали, що вони оптимально апроксимуються рівнянням прямої, отримані величини коефіцієнтів парної кореляції наведені у кореляційній матриці (табл.3).

З табл. 3 видно, що більш тісні зв'язки ($r=0,77-0,81$) в умовах досліджень спостерігались для концентрацій головних катіонів із гідрокарбонатами і, частково, - хлоридами. Менш тісний зв'язок характерний для концентрацій головних катіонів і сульфатів.

Режим розчиненого кисню. Протягом періоду досліджень вміст розчиненого кисню у воді річки Дерелуй змінювався в межах 8,0 - 13,3 мг/дм³, його сезонні варіації були незначними (табл.4). Найвищі концентрації газу були характерними для сезонів весняного водопілля і зимової межені (за відсутності льодового покриву), вони формувались за рахунок атмосферної інвазії. Згідно із законом Генрі, розчинність кисню у воді нелінійно зменшується при підвищенні температури. Залежність вмісту розчиненого кисню від температури води р.Дерелуй - с.Коровія показана на рис. 2. Найнижчі протягом періоду спостережень концентрації розчиненого кисню спостерігались у період літньо-осінньої межені, вони становили 8,0-9,1 мг/дм³. Сезонне зниження вмісту газу може бути пояснене як підвищенням температури води, так і його використанням на процеси хімічного і біологічного окиснення.

Таблиця 1

Емпіричні рівняння, які оптимально апроксимують залежність концентрацій головних іонів від витрат води р.Дерелуй - с.Коровія

Головний іон	Рівняння залежності $C=f(Q)$	Коефіцієнт кореляції
HCO_3^-	$C = 307,3Q^{-0,117}$	-0,76
SO_4^{2-}	$C = 68,634Q^{-0,083}$	-0,55
Cl^-	$C = 24,298Q^{-0,156}$	-0,64
Ca^{2+}	$C = 44,229Q^{-0,232}$	-0,58
Mg^{2+}	$C = 58,006Q^{-0,06}$	-0,79
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	$C = 36,702Q^{-0,305}$	-0,70

Таблиця 2

Залежність мінералізації води від концентрацій головних іонів для р.Дерелуй - с.Коровія

Головний іон	Досліджуваний діапазон концентрацій, мг/дм ³	Рівняння залежності $M=f(C_i)$	Коефіцієнт кореляції
HCO_3^-	250-600	$M = 1,7005 C_i + 35,003$	0,92
SO_4^{2-}	30-110	$M = 2,6158 C_i + 368,41$	0,32
Cl^-	30-120	$M = 3,3773 C_i + 385,37$	0,77
Ca^{2+}	70-120	$M = 6,2592 C_i + 109,24$	0,71
Mg^{2+}	20-60	$M = 10,106 C_i + 285,66$	0,68
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	30-120	$M = 4,4519 C_i + 317,11$	0,83

Таблиця 3

Коефіцієнти кореляції концентрацій головних іонів у воді р.Дерелуй - с.Коровія

	Mg^{2+}	Ca^{2+}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	SO_4^{2-}	Cl^-
HCO_3^-	0,77	0,80	0,78	0,31	0,69
Cl^-	0,61	0,48	0,81	0,16	
SO_4^{2-}	0,31	0,21	0,50		
	Mg^{2+}	0,42	0,51		
		Ca^{2+}	0,49		

Таблиця 4

Вміст розчиненого кисню і температура води р.Дерелуй - с.Коровія в різні гідрологічні сезони.

Гідрологічний сезон	Вміст розчиненого кисню, мгО/дм ³	Температура води, °С
Зимова межень	$\frac{11,3 - 13,3}{12,3}$	$\frac{0,0 - 1,20}{0,19}$
	$\frac{11,6 - 12,8}{12,1}$	$\frac{0,0 - 5,30}{1,30}$
Весняне водопілля	$\frac{8,0 - 12,4}{10,5}$	$\frac{6,50 - 22,2}{14,2}$

Так, для досліджуваної річки встановлена тенденція зменшення вмісту розчиненого кисню при підвищенні перманганатної окиснюваності (ПО), рис. 3.

Воднораз відомо, що при формуванні кисневого режиму водотоків у літній період вирішальне значення має не атмосферна, а фотосинтетична аерація за рахунок виділення кисню водоростями й зануреними макрофітами [11]. Зокрема, встановлено, що в річках із природним або слабозмінним гідрохімічним режимом, фотосинтетичне виділення кисню влітку може складати 80-100 % надходження у воду [6]. Підвищення надходження кисню за рахунок фотосинтетичної аерації певною мірою компенсує зменшення його вмісту при підвищенні температури. Саме цим, ймовірно, пояснюється незначне (до 2 мгО/дм³) середнє зменшення вмісту розчиненого кисню у воді досліджуваної річки в літньо-осінній меженний сезон.

Режим біогенної і органічної речовини. Вміст нітритів (NO₂-) у воді досліджуваної річки становив 0,004-0,18 мг/дм³ (табл.5).

Сезонні варіації вмісту нітритів характеризувались низькими концентраціями під час зимової межені, їх підвищенням у весняний сезон за рахунок розпаду неживої органічної речовини. Найвищі концентрації нітритів спостерігались у період літньо-осінньої межені. Підвищення вмісту нітритів у воді річок з природним гідрохімічним режимом пов'язується з застійними явищами в руслах, погіршенням аерації води, активністю фітопланктону [1, 9].

Концентрації загального заліза (Fe²⁺+Fe³⁺) протягом періоду спостережень змінювались від 0,1 до 0,83 мг/дм³, підвищення його вмісту були характерними для сезону весняного водопілля (табл.5).

Величини перманганатної окиснюваності (ПО) протягом періоду спостережень змінювались від 2,10 до 13,1 мгО/дм³, біхроматної (БО) - від 6,00 до 33,8 мг/дм³, табл.5. У сезонному ході спостерігалось підвищення величини окиснюваності в літньо-осінній меженний період. Між величинами перманганатної і біхроматної окиснюваності води досліджуваної річки встановлено лінійну залежність з коефіцієнтом кореляції 0,55 (рис.4). Значну частку органічної речовини склали нестійкі сполуки [14], про що свідчить відношення величин ПО:БО, яке, сезонно змінюючись в межах 34,4-39,2 %, становило, у середньому, 35,9 %.

Висновки. Гідрохімічний режим річки Дерелуй характеризувався такими основними рисами:

- води відносились, переважно, до гідрокарбонатного класу групи кальцію, другого типу. У періоди стійкої літньо-осінньої і, особливо, зимової межені зі зменшенням витрат послідовно формувались гідрокарбонатно-кальцієво-магнієві, гідрокарбонатно-натрієво-кальцієві та, при найнижчій водності, - гідрокарбонатно-натрієві води другого-третього типів;
- мінералізація води складала, у середньому, 0,3-0,4 г/дм³ у періоди весняного водопілля й дощових паводків та 0,6-0,7г/дм³ у меженні періоди;

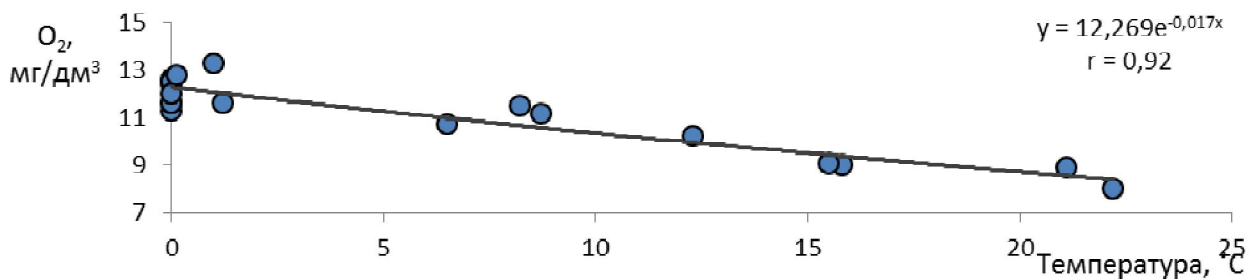


Рис. 2. Залежність вмісту розчиненого кисню від температури води р.Дерелуй - с.Коровія

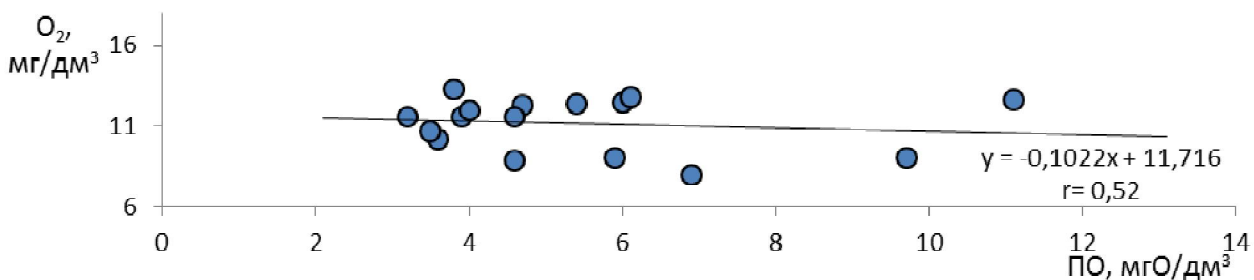


Рис. 3. Залежність вмісту розчиненого кисню від величини перманганатної окиснюваності (ПО) води р.Дерелуй - с.Коровія

Вміст біогенної та органічної речовини у воді р.Дерелуй -с.Коровія в різні гідрологічні сезони

Гідрологічний сезон	NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	Fe _{заг.} , мг/дм ³	Окиснюваність, мгО/дм ³		Відношення ПО:БО, %
			перманганатна (ПО)	біхроматна (БО)	
Зимова межень	<u>0,004-0,06</u> 0,02	<u>0,10-0,42</u> 0,21	<u>3,20-11,1</u> 5,41	<u>6,90-33,8</u> 15,5	34,9
Весняне водопілля	<u>0,01-0,08</u> 0,04	<u>0,12-0,83</u> 0,36	<u>3,20-13,1</u> 5,54	<u>5,90-23,0</u> 16,1	34,4
Літньо-осінні паводки	<u>0,01-0,05</u> 0,03	<u>0,10-0,30</u> 0,21	<u>2,10-9,50</u> 5,33	<u>6,00-20,0</u> 13,6	39,2
Літньо-осіння межень	<u>0,01-0,18</u> 0,08	<u>0,18-0,53</u> 0,28	<u>3,50-9,70</u> 6,03	<u>11,2-23,5</u> 17,2	35,0

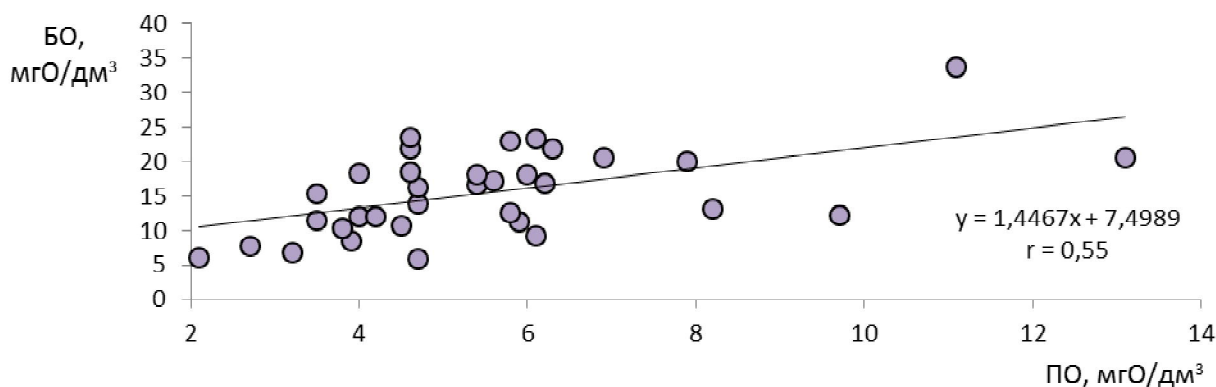


Рис. 4. Залежність між величинами перманганатної (ПО) і біхроматної (БО) окиснюваності води р.Дерелуй -с.Коровія

- між мінералізацією і водністю спостерігалась тісна зворотна залежність ($r=-0,85$), яка оптимально апроксимувалася рівнянням степеневі функції;

- мінералізація води лінійно зростала з підвищенням концентрацій головних іонів, зв'язок апроксимувався рівнянням прямої. Коефіцієнти кореляції зв'язків склали 0,68-0,82 для більшості головних катіонів та аніонів і були дещо меншими (0,52) для сульфатів;

- концентрації головних іонів чітко визначались водністю, зв'язки мали зворотний характер, які також виражались рівнянням степеневі функції з коефіцієнтами кореляції $-0,55 \dots -0,79$. Більш тісні зв'язки концентрацій з витратами води були характерними для головних катіонів, гідрокарбонатів і хлоридів, слабше така залежність виражалась для сульфатів;

- спостерігалась чітка залежність між концентраціями головних катіонів та аніонів. Більш тісними ($r=0,77-0,81$) були зв'язки концентрацій головних катіонів з концентраціями гідрокарбонатів і хлоридів, менш тісні - з вмістом сульфатів;

- вміст розчиненого кисню складав 8,0 - 13,3 мг/дм³, його сезонні варіації були незначними. Вищим він був у періоді весняного водопілля і зимової межені (за відсутності суцільного

льодоставу), нижчі концентрації спостерігались у періоді літньо-осінньої межені;

- вміст нітритного азоту складав 0,004 - 0,18 мг/дм³, його сезонні варіації характеризувались низькими концентраціями під час зимової межені, їх підвищенням у весняний сезон і найвищим вмістом у період літньо-осінньої межені;

- концентрації загального заліза змінювались в межах 0,1-0,83 мг/дм³ із вищими значеннями під час весняного водопілля;

- величини перманганатної окиснюваності склали 2,1-13,1 мгО/дм³, біхроматної - 6,0-31,8 мгО/дм³. У сезонному ході спостерігалось підвищення вмісту органічної речовини в літньо-осінні меженні періоді. Значну частку розчиненої у воді органіки склали нестійкі сполуки.

Список літератури

1. Васюкович Л. Н. Матеріали к обоснованию суммарных количеств нитратов и нитритов в питьевой воде / Л. Н. Васюкович, Г. В. Красовский // Гигиена и санитария. - 1979. - № 7. - С. 8-11.
2. Вишневський В. І. Конструктивно-географічні засади дослідження антропогенних змін річок / В. І. Вишневський, В. М. Пашенко // Київський географічний щорічник. - К. : Обрії, 2003. - Вип. 2 : 2002. - С. 25-50.

3. Горев Л. М. Гідрохімія України / Л. М. Горев, В. І. Пелешенко, В. К. Хільчевський. - К. : Вища шк., 1995. - 307 с.
4. Горев Л. Н. Региональная гидрохимия / Л. Н. Горев, А. М. Никаноров, В. И. Пелешенко. - К. : Вища шк., 1989. - 280 с.
5. Закревський Д. В. Антропогенні складові концентрації головних іонів та їх роль у трансформації хімічного складу води р. Слuch / Д. В. Закревський, Т. В. Галенко, В. Г. Макаренко // Вісник Київського університету. Серія: Географія. - 1995. - Вип. 41. - С. 136-141.
6. Ковалевская Р. З. Роль фотохимической аэрации в обеспечении кислородом в водоёмах и водотоках разной степени загрязнения / Р. З. Ковалевская, Т. Н. Сивко // Научные основы установления ПДК в водной среде и самоочищение поверхностных вод : тез. докл. на Всесоюз. симп., 23-25 окт. 1972 г. - М. : Изд-во АН СССР, 1972. - С. 81-84.
7. Мольчак Я. О. Методичні засади вивчення антропогенного впливу на формування якості поверхневих вод / Я. О. Мольчак, В. О. Фесюк, С. Г. Панькевич // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія : матеріали 5-ої Всеукр. наук. конф. (Чернівці, 22-24 вересня 2011 р.). - Чернівці : Чернів. нац. ун-т, 2011. - С. 170-172.
8. Николаев А. М. Природні і техногенні чинники формування хімічного складу води річок урбанізованої території. / А. М. Николаев // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія : матеріали 5-ї Всеукр. наук. конф. (Чернівці, 22-24 вересня 2011 р.). - Чернівці : Чернів. нац. ун-т, 2011. - С. 179-180.
9. Оношко М. П. Изменение природного фона минеральных соединений азота в водах Белоруссии под влиянием антропогенных факторов / М. П. Оношко, В. И. Пашкевич // Геохимическое картографирование техногенных изменений окружающей среды : тез. докл. семинара. - Вильнюс, 1984. - С. 56-57.
10. Ресурси поверхневих вод СРСР. Україна и Молдавия. - Л. : Гидрометеоздат, 1969. - Т. 6, Вып. 1. - 884 с.
11. Рябов А. К. Искусственная аэрация природных вод / А. К. Рябов, Л. А. Сиренко. - К. : Наукова думка, 1982. - 204 с.
12. Сніжко С. І. Ймовірність появи небезпечних концентрацій забруднюючих речовин у воді гірських річок під час катастрофічних паводків / С. І. Сніжко // Екологічні та соціально-економічні аспекти катастрофічних стихійних явищ у Карпатському регіоні (повені, селі, зсуви). - Ужгород : Патент. - 1999. - С. 313-316.
13. Соловей Т. В. Гідрохімічне районування річкових вод Прутського басейну / Т. В. Соловей // Гідрологія, гідрохімія та гідроекологія. - 2003. - Т. 5. - С. 275-281.
14. Топников В. Е. Биохимическое потребление кислорода для вод различной загрязнённости / В. Е. Топников, В. А. Вавилин // Водные ресурсы. - 1986. - № 1. - С. 128-133.

Николаев А.Н. Гидрохимический режим реки Дерелуй. Изучены основные черты гидрохимического режима реки Дерелуй - гидрологического аналога малых рек города Черновцы. Проанализирована зависимость содержания и сезонной динамики компонентов химического состава воды от водности реки.

Ключевые слова: водность реки; гидрологические сезоны; минерализация воды; главные ионы; растворённые газы; биогенные и органические вещества.

Nikolaev A.N. Hydrochemical regime of the Derelyi river. Learn the basic features of the hydrochemical regime of the river Derelyi - hydrological equivalent of the small rivers of Chernivtsi. The dependences of the content and the seasonal dynamics of the components of the chemical composition of water from the water regime of the river.

Key words: water content of the river hydrological seasons; salinity; major ions; dissolved gases; nutrients and organic matter.