

ВПЛИВ АНТРОПОГЕННИХ ЧИННИКІВ НА CNP-СТЕХІОМЕТРІЮ ВОДИ РІЧКОВИХ ЕКОСИСТЕМ

С. С. РУДЕНКО¹, О. М. ЛАКУСТА²

¹Кафедра екології та біомоніторингу
Інститут біології, хімії та біоресурсів
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, м. Чернівці
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58012
e-mail: rudenko.prof.eco@gmail.com

²Чернівецький науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, м. Чернівці
вул. Г. Майдану, 77-Д, м. Чернівці, 58013
e-mail: oksanalakusta07@gmail.com

Зважаючи на імперативне значення CNP-стехіометрії річкових екосистем, від якої залежить стан різних ланок трофічного ланцюга, а також спрямованість та інтенсивність усіх екологічних процесів, особливої актуальності у зв'язку з цим набуває дослідження впливу антропогенних факторів на стехіометричний баланс Карбону, Нітрогену та Фосфору у воді та біооб'єктах річкових екосистем. Метою було дослідити вплив антропогенних чинників на CNP-стехіометрію води річкових екосистем модельного регіону. Дослідження проводили на прикладі річкових екосистем Дністровського, Прутського та Сіретського басейнів (у межах Чернівецької області) у періоди альтернативних фаз водного режиму річки – літньої межени та весняного водопілля, протягом 2013-2014 рр. Проби води відбирали батометром Рутнера БРМ-1 на 16 сайтах кожної станції: 8-ми поблизу фанерофітної заплави (4 з них біля берега та 4 – 1,5 м від берега) та 8-ми поблизу трав'яної заплави (4 з них біля берега та 4 – 1,5 м від берега). Визначення вмісту діоксиду Карбону CO_2 та гідрокарбонату HCO_3^- проводили методом титрування. Визначення вмісту амонію та нітритів здійснювали кількісним фотокolorиметричним методом за допомогою фотометра фотоелектричного КФК-3. Концентрацію нітратів встановлювали потенціометричним методом за допомогою нітратоміру Н-401. Усі значення досліджуваних сполук отримували у мг/дм^3 . В подальшому дані показники переводили в молярні концентрації (ммоль/дм^3). Сукупний розчинений неорганічний Нітроген (Dissolved Inorganic Nitrogen – DIN) представлений Нітрогеном NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- ; загальний вміст розчиненого неорганічного Карбону (Dissolved Inorganic Carbon – DIC) – Карбоном CO_2 та HCO_3^- . Відповідно вміст розчиненого неорганічного Фосфору (Dissolved Inorganic Phosphorus – DIP) – Фосфором PO_4^{3-} . На основі молярних концентрацій DIC, DIN та DIP вираховували співвідношення $\text{DIC} : \text{DIP}$, $\text{DIC} : \text{DIN}$, $\text{DIN} : \text{DIP}$. Проаналізовано 15 імперативних показників антропогенного навантаження території, дотичних до ділянок річок, де здійснювався відбір проб води, у тому числі: молярні концентрації та співвідношення DIC, DIN, DIP у криничній воді, обсяги внесення мінеральних добрив на посівній площі населеного пункту, площа земель с/г призначення під посівними культурами, агрохімічний та агроекологічний бонітет, віст гумусу, вміст N, K та P у ґрунтах та поголів'я ВРХ. Застосування методу головних компонент засвідчило когерентність між змінами DIN/DIP -співвідношень та DIN концентрацій у річковій та криничній воді. Встановлена залежність DIC/DIN та DIC у річковій воді від вмісту гумусу в ґрунтах прилеглому сходулу.

Ключові слова: Карбон, Нітроген, Фосфор, стехіометрія, річкова вода, Дністер, Прут, Сірет, показники антропогенного навантаження

Вступ. Наші дослідження доводять імперативне значення CNP-стехіометрії річкових екосистем, оскільки від неї залежить стан різних ланок трофічного ланцюга, а також спрямованість та інтенсивність усіх екологічних процесів (Руденко, 2017). Особливої актуальності у зв'язку з цим набуває дослідження впливу антропогенних факторів на стехіометричний баланс Карбону, Нітрогену та Фосфору у воді та біооб'єктах річкових екосистем. Цій важливій проблемі присвячені окремі публікації.

Так, К. J. Rattan та Р. A. Chambers (Rattan, Chambers, 2018) показали, що співвідношення N: P у воді річки Ред-Рівер, що протікає в південній

частині провінції Манітоба (Канада), залежить від характеру землекористування на різних її ділянках.

D. R. Smith та M. J. Bowes (Smith, Bowes, 2017) встановили суттєві зміщення CNP-співвідношення у воді евтрифікованих притоків річки Темза порівняно з неевтрифікованими.

Вміст Карбону, Нітрогену та Фосфору та CNP-співвідношення були проаналізовані в седиментах тропічної прибережної лагуни на північному заході Мексики (Concentracion de nutrients..., 2011). У цих дослідженнях доведено значний вплив сільськогосподарських стоків та скидів з переробки цукрового заводу на CNP-баланс.

Групою китайських вчених встановлено вплив антропогенного культивування на CNP-стехіометрію рослин та ґрунту водно-болотних угідь в дельті Жовтої ріки (Influences of anthropogenic..., 2014).

R. Maranger та J. Cotner (Maranger, Cotner, 2018) показали істотне збільшення співвідношень C : N, C : P та N : P у прісній воді, транспортованій по водопровідних трубах, при збільшенні часу її перебування у цих мережах.

Мета дослідження. Дослідити вплив антропогенних чинників на CNP-стехіометрію води річкових екосистем модельного регіону.

Матеріали та методи. Дослідження проводили на прикладі річкових екосистем Дністровського, Прутського та Сіретського басейнів (у межах Чернівецької області) (рис. 1) у періоди альтернативних фаз водного режиму річки – літньої межени та весняного водопілля, протягом 2013-2014 рр.

Проби води відбирали батометром Рутнера БРМ-1 на 16 сайтах кожної станції: 8-ми поблизу фанерофітної заплави (4 з них біля берега та 4 – 1,5 м від берега) та 8-ми поблизу трав'яної заплави (4 з них біля берега та 4 – 1,5 м від берега) згідно з ДСТУ ISO 5667-6:2009 в день проведення визначення або її консервували, додаючи на 1 л досліджуваної води 2-4 мл хлороформу. Визначення вмісту діоксиду Карбону CO₂ та гідрокарбонату HCO₃⁻ проводили методом титрування. При цьому, у першому випадку титрування проби води здійснювали 0,1 н

розчином лугу NaOH у присутності фенолфталеїну, а в другому – 1 н розчином HCl у присутності метилоранжу. Визначення вмісту амонію у воді здійснювали кількісним фотоколориметричним методом за допомогою фотометра фотоелектричного КФК-3. Нітрити визначали також фотоколориметричним методом з використанням реактиву Грісса. Концентрацію нітратів встановлювали потенціометричним методом за допомогою нітратоміру Н-401 (CNP-моніторинг..., 2015).

Усі значення досліджуваних сполук отримували у мг/дм³. В подальшому дані показники переводили в молярні концентрації (ммоль/дм³). Сукупний розчинений неорганічний Нітроген (Dissolved Inorganic Nitrogen – DIN) представлений Нітрогеном NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻; загальний уміст розчиненого неорганічного Карбону (Dissolved Inorganic Carbon – DIC) – Карбоном CO₂ та HCO₃⁻. Відповідно уміст розчиненого неорганічного Фосфору (Dissolved Inorganic Phosphorus – DIP) – Фосфором PO₄³⁻. На основі молярних концентрацій DIC, DIN та DIP вираховували співвідношення DIC : DIP, DIC : DIN, DIN : DIP.

Статистичний аналіз здійснювали, використовуючи комп'ютерну програму Statistica 6.0 (Мастицкий, 2009).

Результати та їх обговорення. Для досягнення вище зазначеної мети було відібрано 15 імперативних показників антропогенного навантаження територій (табл. 1), дотичних до ділянок річок, де здійснювався відбір проб води

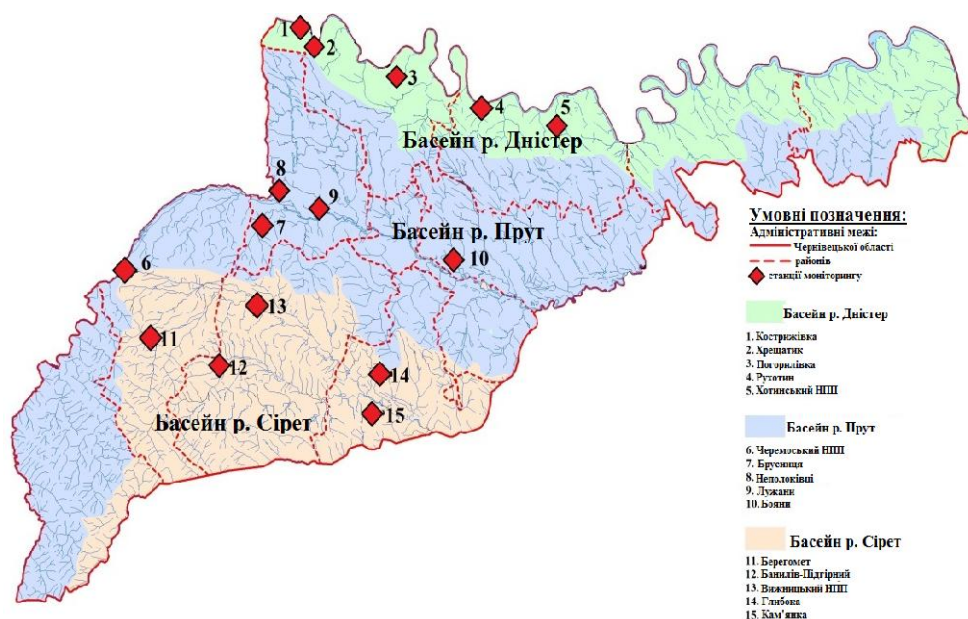


Рис. 1. Станції моніторингу у межах водозбірних басейнів головних річок Чернівецької області – Дністра, Прута та Сірету

Fig. 1. Monitoring stations within the catchment basins of the main rivers of the Chernivtsi region – Dniester, Prut and Siret

Таблиця 1.
Показники антропогенного навантаження територій, дотичних до річок, де здійснюється відбір проб води

Table 1.
Indicators of anthropogenic loading of areas tangent to the rivers, where water samples were taken

Показники	Джерело
Вміст DIC у криничній воді, ммоль/м ³	Власні дослідження
Вміст DIN у криничній воді, ммоль/м ³	
Вміст DIP у криничній воді, ммоль/м ³	
DIC : DIP у криничній воді, ммоль/м ³	
DIN : DIP у криничній воді, ммоль/м ³	
DIC : DIN у криничній воді, ммоль/м ³	
Внесення мінеральних добрив на посівній площі населеного пункту, ц	Дані Департаменту агропромислового розвитку Чернівецької обласної державної адміністрації
Площа земель с/г призначення під посіви культур, га	
Агрохімічний бонітет	
Агроекологічний бонітет	
Вміст гумусу, %	
Вміст N в ґрунтах, мг/кг	
Вміст P в ґрунтах, мг/кг	
Вміст K в ґрунтах, мг/кг	
Поголів'я ВРХ	

Використовуючи метод головних компонент, були виділені стохастичні асоціації між змінами стехіометричних співвідношень і абсолютних значень CNP-елементів з одного боку та змінами зазначених вище показників антропогенного навантаження – з другого (табл. 2). Показники 1-го блоку були позначені як активні змінні (Active variables), а показники 2-го – як додаткові змінні (Supplementary variables). При цьому, застосовані у цій таблиці номери показників (з/без *), подалі зберігаються у всіх таблицях і рисунках даної публікації.

Керуючись шкалою Чеддока (Здрок, Лагоцький, 2010), були проаналізовані навантаження змінних на математичні фактори. Так, перший математичний фактор є найбільш вагомим і пояснює 45% загальної дисперсії (рис. 2, табл. 3). Різностямоване факторне навантаження більше за 0,3 чинять на нього 7 змінних. Другий математичний фактор пояснює 36,19 % загальної дисперсії. Різностямоване факторне навантаження більше за 0,3 чинять на нього 11 змінних. Нарешті, третій математичний фактор пояснює 15,52 % дисперсії. Різностямоване факторне навантаження більше за 0,3 чинять на нього лише 3 змінних.

Проекція змінних на факторну площину 1 × 2 засвідчила, що така активна змінна як співвідношення DIN : DIP у річковій воді (5) утворює одну асоціацію з двома додатковими змінними – вмістом DIN (8*) та співвідношенням DIN : DIP у криничній воді (11*) (рис. 2).

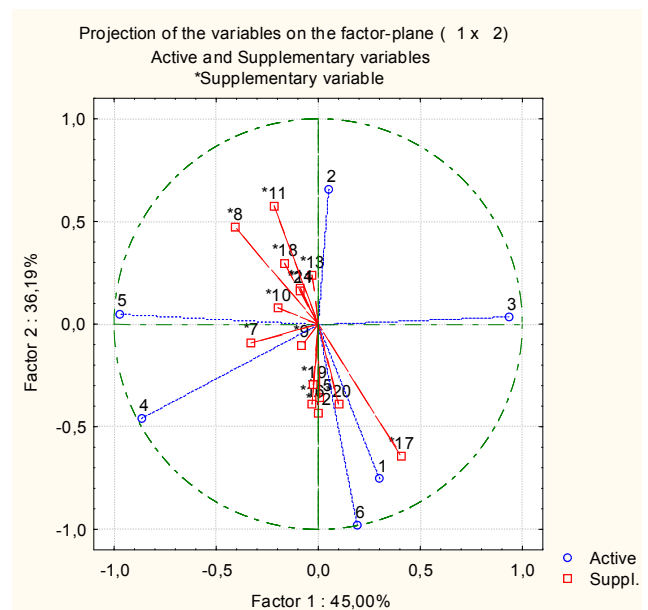


Рис. 2. Проекція змінних на факторну площину 1 × 2
Fig. 2. Projection of variables on the factor plane 1 × 2

Зазначена асоціація локалізована у верхньому лівому секторі кореляційного кола. Це свідчить про те, що ґрунтові водоносні горизонти, з яких населення регіону одержує криничну воду, тісно пов'язані з русловими водами річок єдиним біогеохімічним циклом Нітрогену. Отже, одержані дані доводять, що кринична вода населеного пункту може слугувати своєрідним дзеркалом як молярної концентрації розчиненого у річковій воді Нітрогену, так і його співвідношення до Фосфору.

Таблиця 2.

Активні та додаткові змінні, використанні для аналізу зв'язків методом головних компонент

Table 2.

Active and additional variables used for principal components analysis

Місце локалізації станції моніторингу	Абсолютні та стехіометричні значення CNP-елементів у річковій воді (активні змінні – Active variables)						Показники, що визначають рівень антропогенного навантаження (додаткові змінні – Supplementary variables)														
	DIC, ммоль /м ³	DIN, ммоль /м ³	DIP, ммоль /м ³	DIC/DIP	DIN/DIP	DIC/DIN	Вміст DIC у криничній воді	Вміст DIN у криничній воді	Вміст DIP у криничній воді	DIC/DIP у криничній воді	DIN/DIP у криничній воді	DIC/DIN у криничній воді	Внесення мін. добрив на посівній площі населеного пункту, ц	Площа земель с/г призначення під посіви культур, га	Агрохімічний бонітет	Агро-екологічний бонітет	Вміст гумусу, %	Вміст N в ґрунтах, мг/кг	Вміст P в ґрунтах, мг/кг	Вміст K в ґрунтах, мг/кг	Поголі в'яз ВРХ
Позначення	1	2	3	4	5	6	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*	19*	20*	21*
Кострижівка	5201	208	4	1380	55	25	15132	172	6	2522	29	88	9	81	76	68	3,1	97	250	352	63
Погорилівка	4408	198	22	199	9	22	14216	153	6	2369	26	93	6	56	49	44	3,2	87	112	209	95
Рухотин	2859	195	4	701	48	15	16432	207	8	2054	26	79	19	423	62	54	2,5	95	130	253	398
Хрещатик	4542	198	3	1463	64	23	15250	188	6	2542	31	81	9	70	53	49	2,9	90	190	298	172
Хотинський НПП	4210	217	8	544	28	19	14349	213	8	1794	27	67	26	506	62	54	2,2	99	140	270	662
Бояни	4017	208	3	1149	60	19	22740	189	8	2843	24	120	39	808	62	55	2,5	87	162	189	330
Брусниця	3944	183	10	385	18	22	13689	132	4	3422	33	104	31	590	68	61	2,9	104	218	252	520
Лужани	4363	182	3	1688	70	24	17382	170	7	2483	24	102	26	504	64	57	2,8	99	147	217	90
Неполоківці	2942	208	3	982	69	14	14682	181	5	2936	36	81	24	467	66	61	2,5	104	291	285	75
Черемошський НП	4461	186	5	925	38	24	9816	129	5	1963	26	76	39	367	62	55	2,8	131	72	124	154
Банілів-Підгірний	3642	191	3	1256	66	19	14699	188	5	2940	38	78	14	224	38	36	2,1	119	31	97	692
Берегомет	3591	290	4	941	76	12	13899	204	5	2780	41	68	23	214	47	42	2,1	126	34	74	316
Глибока	3996	268	10	415	28	15	12395	179	5	2479	36	69	39	367	48	41	2,1	116	44	98	154
Кам'янка	3793	200	3	1437	76	19	17766	186	6	2961	31	96	25	238	49	43	2	100	102	98	722
Вижницький НПП	3204	176	3	1136	62	18	11346	167	5	2269	33	68	27	424	59	52	2,3	119	52	183	200

Таблиця 3.
Факторні навантаження активних та додаткових змінних на математичні фактори

Table 3.
Factor loads of active and supplementary variables to mathematical factors

Номер показника	Активні та додаткові* змінні	Математичні фактори (головні компоненти)		
		<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>	<i>Factor 3</i>
1	DIC у річковій воді	0,301757	-0,753430	0,580319
2	DIN у річковій воді	0,053372	0,656419	0,751134
3	DIP у річковій воді	0,937055	0,032414	0,009863
4	DIC/DIP у річковій воді	-0,865170	-0,460652	0,128858
5	DIN/DIP у річковій воді	-0,970507	0,048525	0,116898
6	DIC/DIN у річковій воді	0,193680	-0,978434	0,002517
*7	DIC у криничній воді	-0,328991	-0,091240	0,043913
*8	DIN у криничній воді	-0,407748	0,472576	0,229109
*9	DIP у криничній воді	-0,083482	-0,101422	-0,015594
*10	DIC/DIP у криничній воді	-0,197633	0,079317	-0,002251
*11	DIN/DIP у криничній воді	-0,216145	0,576211	0,213135
*12	DIC/DIN у криничній воді	0,000504	-0,431118	-0,123319
*13	Внесення мінеральних добрив на посівній площі населеного пункту, ц	-0,030751	0,239182	-0,029587
*14	Площа земель с/г призна-чення під посіви культур, га	-0,086457	0,173275	-0,353202
*15	Агрохімічний бонітет	0,007326	-0,359749	-0,146102
*16	Агроекологічний бонітет	-0,030405	-0,389690	-0,161807
*17	Вміст гумусу, %	0,404216	-0,642398	-0,057476
*18	Вміст N в ґрунтах, мг/кг	-0,165450	0,296911	0,097552
*19	Вміст P в ґрунтах, мг/кг	-0,024411	-0,296192	-0,115854
*20	Вміст K в ґрунтах, мг/кг	0,098835	-0,389819	-0,162537
*21	Поголів'я ВРХ	-0,090703	0,164490	-0,206898

Примітка: жирним шрифтом виділено значення, факторне навантаження яких >0,3

У цьому ж 2D-графічному просторі такі активні змінні як співвідношення DIC/DIN (6) та DIC (1) у річковій воді утворюють одну асоціацію змінних з додатковою змінною 17* – вмістом гумусу в ґрунтах. Отже, чим більший вміст гумусу в ґрунті, тим більшою буде концентрація розчиненого неорганічного Карбону в річці і його співвідношення з Нітрогеном. Рядом авторів (Шевчук, 2013; Здрок, Лагоцький, 2010; Нетробчук, 2011) показано, що внаслідок контакту ґрунтів з атмосферними опадами та подальших дощових змивів, або сніготанення до руслової мережі річок надходить значна кількість органічних сполук, серед яких домінують компоненти гумусового походження – гумінові та фульвокислоти. Очевидно, розчинений у річковій воді Карбон є наслідком мінералізації органічного Карбону цих гумусових речовин.

Інші активні фактори (2, 3, 4) не вдалося інтерпретувати за допомогою додаткових

факторів через низьку кореляцію останніх з осями головних компонент 1 та 2.

Проекція змінних на факторну площину 1 × 3 також демонструє формування асоціації між активною змінною DIN/DIP у річковій воді (5) та додатковою змінною – DIN у криничній воді (8*) (лівий верхній сектор кореляційного кола) (рис. 3). Додаткова змінна 11* (DIN/DIP у криничній воді) виявилась тут малопотужною, тобто її проекція є меншою за 1/3 осі головних компонент. Натомість у зазначену асоціацію потрапила активна змінна 4 – DIC/DIP у річковій воді. Зв'язок між нею та додатковою змінною 8* швидше є опосередкованим через входження в цю асоціацію активної змінної 5. А синергізм активних змінних 5 та 4 слугує додатковим підтвердженням сталості пропорції C : N : P у річковій воді.

Тепер розглянемо проекцію змінних на факторну площину 2 × 3 (рис. 4). Тут простежується лише одна асоціація – між активною змінною 2 (DIN у річковій воді) та

додатковою змінною – 8* (DIN у криничній воді) та 11* (DIN : DIP у криничній воді). Це ще раз підтверджує, що, між криничною та річковою водою існує спряженість у зміні як молярних концентрацій Нітрогену, так і його стехіометричних співвідношень з Фосфором. Інші активні змінні (1, 4, 6) у зазначеній

факторній площині продемонстрували або повну незалежність від додаткових змінних, або низьку потужність (3, 5). Таким чином, методами головних компонент доведено прямий вплив вмісту гумусу в ґрунтах суходолу на молярну концентрацію Карбону у річковій воді.

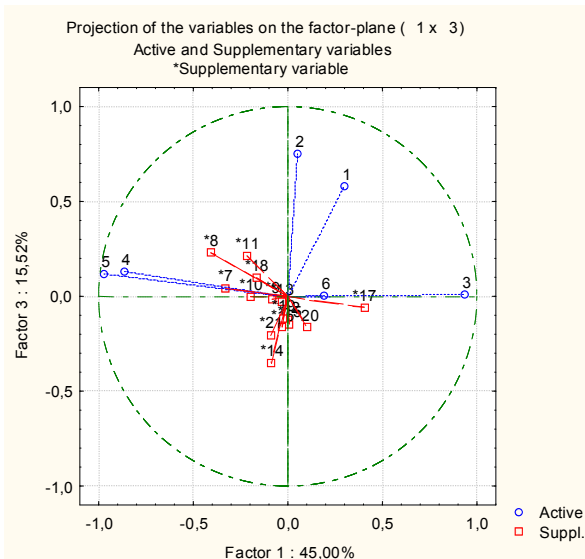


Рис. 3. Проекція змінних на факторну площину 1 × 3
Fig. 3. Projection of variables on the factor plane 1 × 3

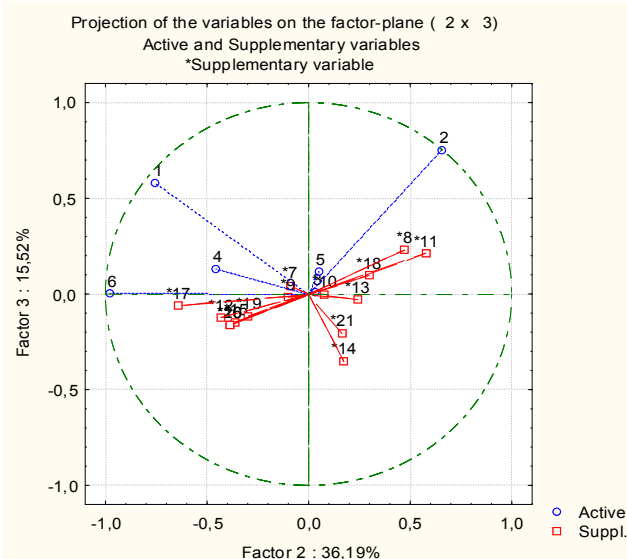


Рис. 4. Проекція змінних на факторну площину 2 × 3
Fig. 4. Projection of variables on the factor plane 2 × 3

Висновки. Отже, застосування методу головних компонент засвідчило, що на рівень Нітрогену в річці та його співвідношення з Фосфором, насамперед, впливає такий антропогенний чинник як стан криничної води, натомість на співвідношення DIC/DIN – вміст гумусу в ґрунтах.

Список літератури:

- de la Lanza-Espino G., Flores-Verdugo F. J., Hernandez-Pulido S., Penie-Rodríguez I. Concentración de nutrientes y proporción C:N:P en sedimentos superficiales de un complejo lagunar costero tropical afectado por escurrimientos agrícolas // Universidad Ciencia. – 2011. – 27 (2). – P. 145 – 155.
- Maranger R., Cotner J. B. Stoichiometry of carbon, nitrogen, and phosphorus through the freshwater pipe // Limnology and Oceanography. – 2018. – Vol. 19. – P. 89-101. doi.org/10.1002/lol2.10080
- Qu F., Yu J., Du S. et al. Influences of anthropogenic cultivation on C, N and P stoichiometry of reed-dominated coastal wetlands in the Yellow River Delta // Geoderma. – 2014. – Vol. 235-236. – P. 227 – 232.
- Rattan K. J., Chambers P. A. Proceedings Total, Dissolved and Particulate N : P Stoichiometry in Canadian Prairie Streams in Relation to Land Cover and Hydrologic Variability // Proceedings. – 2018. – Vol. 2 (183). – P. 1 – 9. doi:10.3390/ecws-2-04952
- Smith D. R., Bowes M. J. Carbon, Nitrogen, and Phosphorus Stoichiometry and Eutrophication in River Thames Tributaries, UK // Agricultural & Environmental Letter. – 2017. – doi: 10.2134/acl2017.06.0020

- ДСТУ ISO 5667-6:2009 Якість води. Відбирання проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання проб з річок і струмків (ISO 5667-6:2005, IDT)
- Здрок В. В., Лагоцький Т. Я. Економетрія. – К.: Знання, 2010. – 541 с.
- Мастицкий С. Э. Методическое пособие по использованию программы STATISTICA при обработке данных биологических исследований. – Мн.: РУП «Институт рыбного хозяйства», 2009. – 76 с.
- Нетробчук І. М. Динаміка змін якості води річки Стир у Волинській області // Географія. Природа Західного Полісся та прилеглих територій. – 2011. – № 8. – С. 17 – 21.
- Руденко С. С., Дзензерская О. Н. Речная стехиометрия углерода, азота и фосфора в свете соотношения Редфилда // Ecology and poospherology. – 2017. – Т. 28 (1-2). – С. 5 – 16. doi:10.15421/031701
- CNP-моніторинг річкових екосистем (на прикладі Чернівецької області): навчальний посібник / Під ред. Руденко С. С.. – Чернівці: Місто, 2015. – 152 с.
- Шевчук І. Б. Моделі компонентного та факторного аналізу розвитку системи дитячого оздоровлення в Україні сталий розвиток економіки // Міжнародний науково-виробничий журнал. – 2013. – № 3. – С. 12 – 17.

References

- de la Lanza-Espino G, Flores-Verdugo FJ, Hernandez-Pulido S, Penie-Rodríguez I. Concentración de nutrientes y proporción C:N:P en sedimentos superficiales de un complejo lagunar costero tropical

- afectado por escurrimientos agrícolas. *Universidad Ciencia*. 2011; 27 (2): 145–155.
2. Maranger R, Cotner JB. Stoichiometry of carbon, nitrogen, and phosphorus through the freshwater pipe. *Limnology and Oceanography*. 2018; 19: 89–101. doi.org/10.1002/lol2.10080
 3. Qu F, Yu J, Du S, Li Y, Lv X, Ning K, Wu H. Influences of anthropogenic cultivation on C, N and P stoichiometry of reed-dominated coastal wetlands in the Yellow River Delta. *Geoderma*. 2014;235-236: 227–232. doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.07.009
 4. Rattan KJ, Chambers PA. Proceedings Total, Dissolved and Particulate N : P Stoichiometry in Canadian Prairie Streams in Relation to Land Cover and Hydrologic Variability. *Proceedings*. 2018; 2 (183): 1–9. doi:10.3390/ecws-2-04952
 5. Smith DR, Bowes MJ. Carbon, Nitrogen, and Phosphorus Stoichiometry and Eutrophication in River Thames Tributaries, UK. *Agricultural & Environmental Letter*. 2017; 2 (1) doi: 10.2134/ael2017.06.0020
 6. State Standard of Ukraine ISO 5667-6:2009 Water quality. Sampling. Part 6. Guidance on sampling of rivers and streams [DSTU ISO 5667-6:2009 Yakist' vody. Vidbyrannya prob. Chastyna 6. Nastanovy shhodo vidbyrannya prob z richok i strumkiv]. (in Ukrainian).
 7. Zdrok VV., Lagotsky TYa. Econometrics [Ekonometriya]. Kiev: Knowledge; 2010. (in Ukrainian).
 8. Mastitsky SE. Methodical manual on the use of the program STATISTICA in the processing of biological research data [Metodicheskoe posobie po ispolzovaniyu programmy STATISTICA pri obrabotke dannykh biologicheskikh issledovaniy]. Minsk: Institute of fish farms; 2009. (in Russian).
 9. Neotrodchuk IM. Dynamics of water quality changes in the Styr river in Volyn region, [Dynamika zmin yakosti vody richky Styr u Volynskii oblasti.]. *Geography. Nature of Western Polissya and adjoining territories*. 2011; 8: 17–21. (in Ukrainian).
 10. Rudenko S, Dzenzerskaya O. River stoichiometry of Carbon, Nitrogen and Phosphorus in the light of the Redfield ratio [Rechnaya stehiometriya ugleroda, azota i fosfora v svete sootnosheniya Redfilda]. *Ecology and noospherology*. 2017; 28(1-2): 5–16. doi:10.15421/031701 (in Russian).
 11. CNP-monitoring of river ecosystems (on the example of the Chernivtsi region) [CNP-monitoring richkovih ekosistem (na priklyadi Chernivetskoyi oblasti)] / edited by S. Rudenko. Chernivtsi: City; 2015. (in Ukrainian).
 12. Shevchuk IB. Component and factor analysis models of the development of the child-rehabilitation system in Ukraine sustainable development of the economy [Modeli komponentnoho ta faktornoho analizu rozvytku systemy dytiachoho ozdorovlennia v Ukraini stal'yi rozvytok ekonomiky]. *International scientific and production journal*. 2013; 3: 12–17. (in Ukrainian).

INFLUENCE OF ANTROPOGENIC FACTORS ON CNP-STOICHIOMETRY OF THE WATER OF RIVER ECOSYSTEMS

S. Rudenko, O. Lakusta

Influence researches of anthropogenic factors on the Carbon, Nitrogen, Phosphorus stoichiometric balance in the water and the biological objects of the river ecosystems is relevant considering the imperative significance of CNP-stoichiometry of river ecosystems, which it determines the state of various parts of the trophic web and the direction and intensity of all ecological processes too. The aim was to investigate the influence of anthropogenic factors on the CNP stoichiometry of the river ecosystems in the model region. The researches were perform on the example of the river ecosystems of the Dniester, Prut and Siret basins (within the Chernivtsi region) in the periods of alternative phases of the water regime river. It is period of the summer low flow of the river and spring flooding during the years 2013-2014. Water samples were taken by the Rutner's batometer BRm-1 on the 16 sites of each station: 8 near the phanerophytic floodplain (4 of them near the coast and 4 – 1,5 meters from the coast) and 8 near the grassland floodplain (4 of them near the coast and 4 – 1,5 meters from the coast). In laboratory conditions, nitrate content was determined using Nitratmeter H-401; carbonates and hydrocarbonates were determined using the titrimetric method; phosphates, ammonia and nitrites were determined using the photolorimetric method by FEC KFK-3. The total dissolved inorganic carbon (DIC) are represented by Carbon CO_2 and HCO_3^- . All values of the studied compounds were obtained in mg/dm^3 . Subsequently, these parameters were calculated into molar concentrations ($mmol/dm^3$). The dissolved inorganic phosphorus (DIP) is represented by Phosphorus PO_4^{3-} . The total dissolved inorganic nitrogen (DIN) are represented by Nitrogen's NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- . The ratios of DIC : DIR, DIC : DIN, DIN : DIR were calculate based on the molar concentrations of DIC, DIN and DIP. 15 imperative indicators of anthropogenic loading of territories were analyze. These areas are tangent to river sections where sampling of water was carried out, including: molar concentrations and the DIC, DIN, DIP ratio in well water, mineral fertilizer inputs on the crop area of the settlement, agricultural land under cultivated crops, agrochemical and agroecological bonites, humus content, N content, K content and P content in soils and cattle livestock. The application of the principal components method showed coherence between changes in DIN/DIP ratios and DIN-concentrations in the river waters and well waters. The dependence of the DIC/DIN and DIC were establish in the river water from humus content in the soil of the adjacent land.

Keywords: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, stoichiometry, river water, Dniester, Prut, Siret, anthropogenic loading indicators

Отримано редколегією 07.12.2018