

Особливості дифузного надходження біогенних речовин у водні екосистемиУкраїнський науково-дослідний гідрометеорологічний інститут
МНС України та НАН України, м. Київ
e-mail: luzovitska@ukr.net, nosad@uhmi.org.ua

Анотація. На основі обробки даних експериментальних досліджень на експериментальній стоковій ділянці відтворено реальні умови процесу формування дифузного надходження мінеральних сполук азоту та фосфору з поверхневими та підповерхневими водами. Досліджено динаміку концентрацій та закономірності виносу біогенних речовин. Досліджено зв'язок між виносом досліджуваних компонентів та об'ємом водного стоку. Встановлено визначальну роль водного стоку у формуванні емісії азоту та фосфору.

Ключові слова: ерозія, енергетичні витрати на ґрунтоутворення, математичні моделі, гранична потужність ґумусового горизонту, картографування, ГІС.

Вступ

Сполуки азоту, фосфору відносяться до біогенних речовин і є складовою частиною всіх тканин живих організмів, отже їхня наявність у ґрунтах визначає інтенсивність розвитку рослинних організмів. Не дивлячись на невисокий вміст азоту у рослинах, цей елемент відіграє велику роль. Азот міститься у зв'язаній формі у білках в кількості 16 – 18 вагових %, входить до складу молекули хлорофілу, забезпечуючи фотосинтез. Подібно до азоту фосфор міститься в основному в репродуктивних органах рослин, входить до складу нуклеопротейдів, які є білковими солями нуклеїнових кислот. Головна складова частина хромосом – фосфоровмісна дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК) [1].

В той же час, надлишок азоту й фосфору у ґрунтах призводить до їхнього розсіювання з поверхневими та підземними водами, зумовлюючи процес евтрофікації водних об'єктів.

Якщо надходження біогенних компонентів від точкових джерел, передусім станцій скиду стічних вод міських агломерацій, контролюється, то роль забруднення від розподілених (дифузних) джерел практично не оцінено.

Метою даної роботи було дослідження закономірностей вимивання мінеральних сполук фосфору та азоту з поверхні водозбору.

Матеріали та методика визначення

Для експериментального вивчення виносу біогенних речовин з поверхні водозбору було виконано штучне формування стоку, для цього була використана стокова ділянка розміром 2 м² Богуславської експериментальної гідрометеорологічної бази УкрГМІ, що розміщена в басейні річки Рось. Дана ділянка була вкрита трав'янистою рослинністю. Тип ґрунту – чорнозем типовий. Протягом холодного періоду року на ділянці накопичили сніговий покрив. Після підвищення температури повітря утворився водний стік, який збирали в безперервному режимі й аналізували на наявність мінеральних сполук фосфору (PO₄³⁻) та азоту: (NO₃⁻), (NH₄⁺) та (NO₂⁻). Хімічний аналіз проб проводився за загальноприйнятими методиками [2,3]

Результати досліджень

Динаміка концентрацій мінеральних сполук азоту та фосфору у пробах води стокової ділянки. Сума концентрацій мінеральних сполук азоту та фосфору поверхневого та під поверхневого стоку дали загальну концентрацію вказаних сполук за весь період досліджень, завдяки чому ми отримали змогу прослідкувати зміну вмісту мінеральних сполук азоту та фосфору за весь період спостережень та дослідити вплив окремого виду стоку (поверхневого чи підповерхневого) на загальний стік. (рис.1). На першому етапі виносу, де має місце лише поверхневий стік, спостерігаються найвищі концентрації мінеральних сполук азоту, які поступово знижуються і при першому піку водності досягають найменших концентрацій. Динаміка концентрацій мінеральних форм азоту обернено пропорційна до динаміки витрат води, але після початку формування підповерхневого стоку, коливання стоку азоту та водного стоку набули прямо пропорційного характеру відносно один до одного. Коливання фосфору відносно водного стоку відбуваються аналогічним чином, але на відміну від азоту, після проходження першого піку водного стоку, де фосфору у пробах не було виявлено, його концентрації зростають, досягаючи максимальних значень, які були характерні на початковій фазі формування стоку і такі коливання характерні впродовж усього наступного періоду.

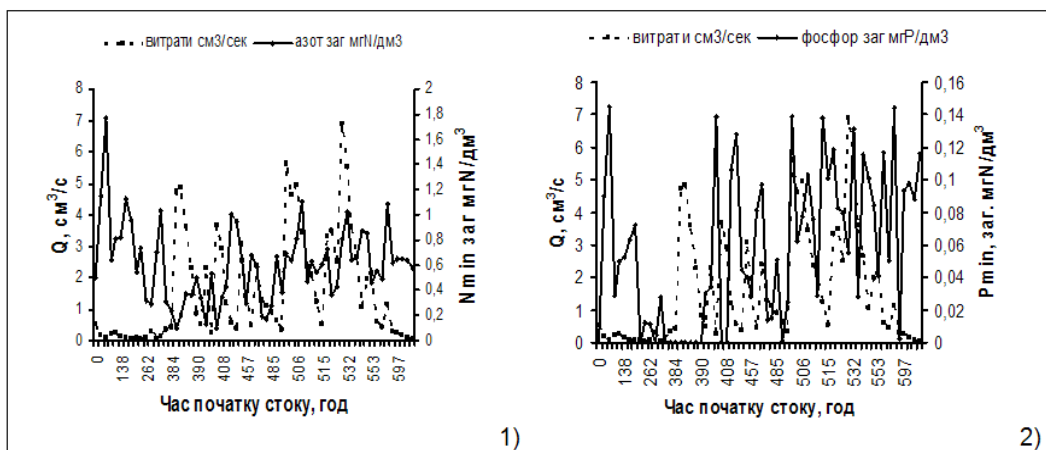


Рис. 1 Коливання загальних концентрацій мінеральних форм 1) азоту та 2) фосфору та витрат води на стоковій ділянці

Різна поведінка мінеральних сполук азоту та фосфору пов'язана з їх різними хімічними властивостями та різною поведінкою вказаних компонентів у ґрунтах.

Зміна концентрацій досліджуваних компонентів у пробах води поверхневого та підповерхневого стоку показана на рис. 2.

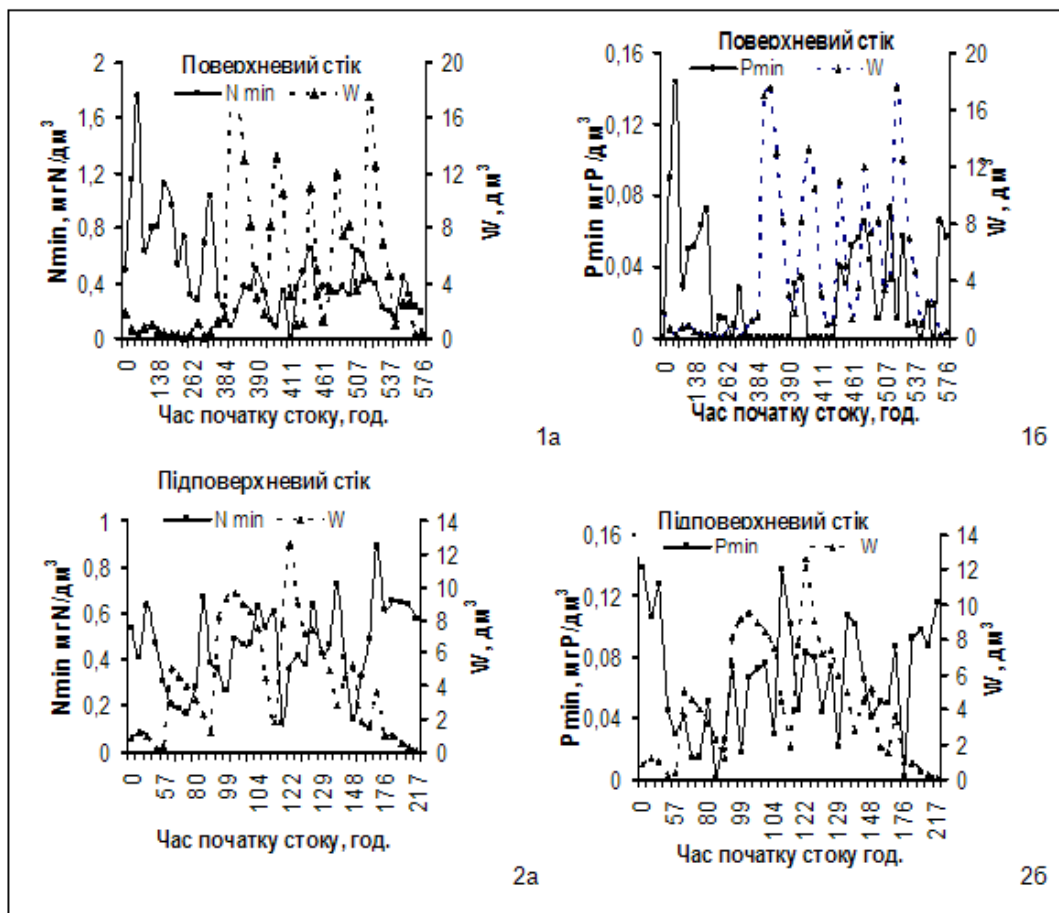


Рис. 2 Часова зміна концентрацій мінерального азоту (а) та фосфору (б) у пробах води поверхневого (1) та під поверхневого (2) стоку

Звідси видно, що вимивання N_{min} та P_{min} із стокової ділянки поверхневим стоком має певну закономірність, яка характеризується великими концентраціями на перших етапах формування водного стоку. Саме цей період характеризується найменшими показниками водності. Для азоту мінерального характерне поступове зменшення концентрацій з мінімальними показниками на останньому етапі водного стоку і коливання концентрацій вказаних сполук з водним стоком має асинхронний характер. Максимальні концентрації фосфору теж спостерігаються на початковому етапі

формування водного стоку, але його подальша динаміка концентрацій має відмінний характер в порівнянні з азотом. Якщо концентрація азоту мінерального з незначними коливаннями поступово зменшувалась то мінімальні концентрації мінеральних сполук фосфору спостерігаються в період, коли формування водного стоку ще не досягло середини періоду, якраз перед початком та в процесі проходження першого піку максимальних показників витрат води, в деяких пробах води фосфору навіть не було виявлено. Формування поверхневого стоку розпочалось значно раніше, цей період характеризується нижчими температурними показниками, отже танення снігу відбувається з меншою інтенсивністю. Дані умови уповільнюють фільтраційні процеси в ґрунтах, внаслідок чого формування водного стоку у підґрунтового горизонті відбувається значно пізніше. Динаміка концентрацій мінеральних сполук фосфору та азоту показує закономірності дифузного виносу вказаних сполук з ґрунтового покриву та відображає геохімічні процеси в ґрунтах.

Зміна концентрацій мінеральних сполук азоту в підповерхневому стоці має також, як і у поверхневому стоці, нерівномірний характер. Але з рис видно, що із певними коливаннями вміст азоту поступово збільшується. Пік найбільших концентрацій фосфатів спостерігається на середньому етапі формування водного стоку, навіть не дивлячись на те, що в цей період коливання водного характеризуються також максимальними показниками. Все це пов'язано з різними хімічними властивостями досліджуваних компонентів, та їх поведінкою у ґрунтового покриві.

Зазвичай для ґрунтових вод гумідної зони в регіональному відношенні характерні фонові концентрації сполук азоту менші ГДК.

Їх високі концентрації в цій зоні є локальними, вони приурочені тільки для ділянок і зон інтенсивного використання азотних добрив, промислових, комунальних і тваринницьких забруднень. При цьому часто в зв'язку з високою інтенсивністю водообміну концентрації нітратів в ґрунтових водах цих ділянок не досягають ГДК. відомо, що максимальний вміст азоту в ґрунтах і корах вивітрювання спостерігається до глибини 3 м. А дослідження динаміки нітратів в зоні аерації показали, що швидкість їх підвищення концентрацій складає 1 – 5 м/рік. Тому в багатьох регіонах, де тривалий час використовуються азотні добрива, високі концентрації нітратів спостерігаються вже на глибині 60 – 100 м.[4]

Протилежні властивості поведінки N_{\min} і P_{\min} у ґрунтах та гірських породах дають в рази більшу концентрацію мінерального азоту над фосфором. А відомо, що ґрунти мають високу поглинальну здатність відносно фосфору. Різні мінеральні форми фосфору в ґрунтах містяться головним чином у вигляді ортофосфорної кислоти з іонами Ca, Mg, Fe, Al, Ti, Mn. Основною формою фосфору в ґрунтах, так як і в земній корі є апатит. Фосфати Ca і Mg характерні для нейтральних ґрунтів, а фосфати Fe і Al – для більш кислих. Отже, в різних типах ґрунтів буде різний вміст фосфору. ґрунти досліджуваного нами регіону складаються з чорнозему. Відповідно існуючим літературним даним, в чорноземних ґрунтах переважають малорухомі форми фосфатів. Мінеральні форми фосфору представлені переважно фракціями фосфатів кальцію, причому з глибиною збільшується апатитова фракція фосфору [5,6].

Стік розчинених форм. Розрахунок стоку, який проводився за методикою [7] показав, що з поверхневими водами із стокової ділянки надійшла, хоч і не в значній мірі, але більша кількість суми мінеральних сполук азоту. рис. 3.

У відсотковому відношенні сума виносу азотних сполук з поверхневим стоком становить 51 %.

Фосфор ж навпаки переважно виноситься підповерхневими водами, частка його виносу близько 70 %.

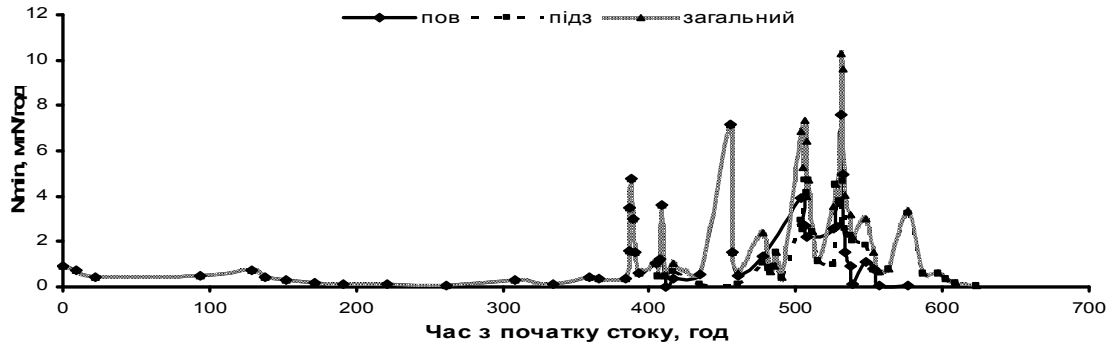
Велика кількість проб у поверхневому стоці, яка не містила фосфатів і пояснює менший винос даної сполуки цими водами.

Основну частину виносу фосфатів з підповерхневим стоком, можна обґрунтувати тим, що єдиним джерелом надходження цих сполук є літосфера, натомість значні запаси азоту містяться ще у атмосфері.[6] А значна розчинність сполук нітратів і нітритів з провідними катіонами підземних вод, а також сполук амонію з провідними аніонами підземних вод, означає, що: а) жоден компонент хімічного складу підземних вод не може обмежувати накопичення NO_3^- , NH_4^+ та NO_2^- в цих водах і тому повинно існувати збільшення їх вмісту при концентруванні підземних вод; б) утворення хімічних сполук при взаємодії NO_3^- , NH_4^+ , NO_2^- з речовиною підземних вод і порід в реальних умовах формування хімічного складу маломінералізованих господарсько-питних вод неможливе. Єдиний шлях осадження цих сполук в тверду фазу – сорбційний.

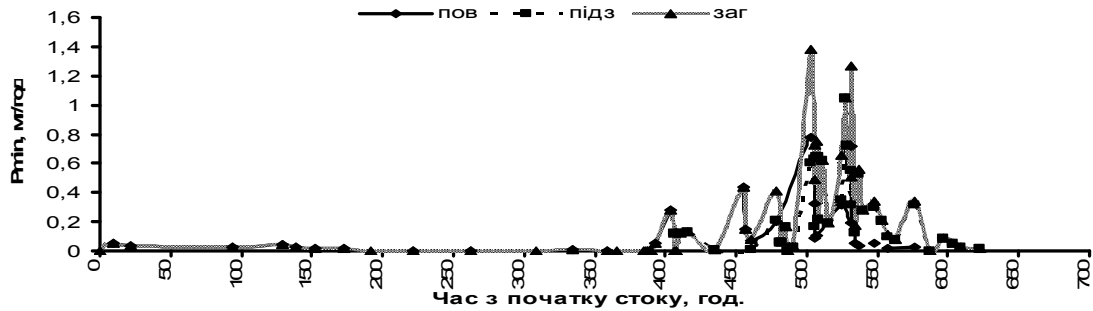
Але нітрати та нітрити в реальних умовах формування маломінералізованих вод не можуть брати активну участь у тих сорбційних процесах, які мають значення в гідрогеохімічних системах через те, що основними сорбентами в середовищі формування підземних вод є дрібнодисперсні глинисті частини, але при $\text{pH} > 2-3$, ці частини мають негативний заряд і сорбувати аніони NO_3^- і NO_2^- не можуть, катіон амонію навпаки може активно ними сорбуватися. [4].

Тому винос азоту в рази більший за винос фосфору. Частка виносу азоту від загального виносу мінеральних сполук азоту та фосфору на мікроплощадці становить 91%.

1)



2)



3)

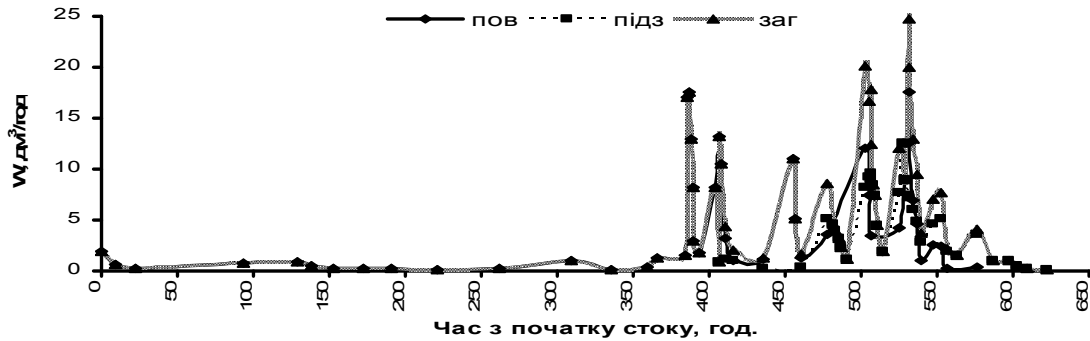


Рис. 3. Динаміка стоку 1) азоту мінерального, 2) фосфору мінерального, 3) об'єму води за період спостережень у поверхневому і підземному стоці

Вплив водного стоку на формування дифузного виносу мінеральних сполук азоту та фосфору. Коливання стоку мінеральних сполук азоту та фосфору синхронні до коливань водного стоку як у поверхневому так і підповерхневому стоці (рис.4). Що і свідчить про визначальну роль водного стоку у формуванні дифузного виносу вказаних компонентів.

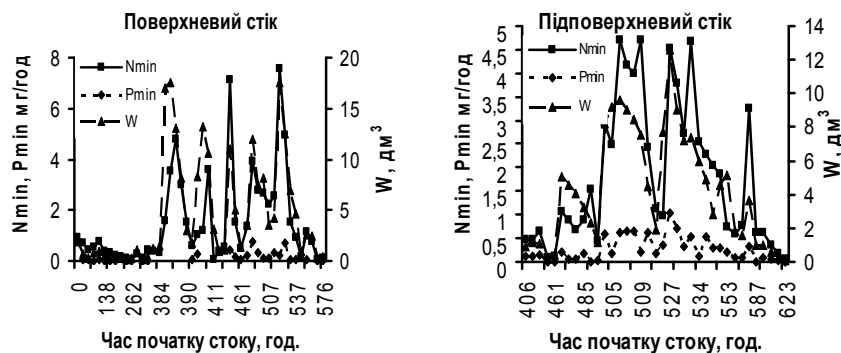


Рис.4. Синхронність коливань водного та біогенного стоку

Доказом цього стали побудовані графіки зв'язку між виносом мінеральних сполук азоту і фосфору та водним стоком з великими коефіцієнтами кореляції (табл.1).

Таблиця 1.

Коефіцієнти кореляції між водним та хімічним стоком мінеральних сполук азоту та фосфору

Показники	Коефіцієнт кореляції r
N _{min} (пов)	0,78
P _{min} (пов)	0,74
N _{min} (підз)	0,85
P _{min} (підз)	0,82

Значимість коефіцієнтів кореляції (r) встановлювали на підставі розподілу Ст'юдента $p=0,05$, $r>0,57$.

Найбільш тісний зв'язок спостерігається між виносом вказаних параметрів у підповерхневу стоці. І як у поверхневу так і у під поверхневу стоці більш значимий зв'язок з водним стоком притаманний сполукам азоту. Як вже було вище сказано все це обумовлюється різною хімічною поведінкою та різними властивостями мінеральних форм азоту та фосфору.

Висновки

Опрацьовано результати експериментальних досліджень на стокових площі 2 м²

Досліджено динаміку концентрацій мінеральних сполук азоту та фосфору в поверхневу та підповерхневу стоці, де максимальні концентрації досліджуваних сполук, спостерігаються на перших етапах виносу. Зміна концентрацій води в підповерхневих водах відображають дифузні процеси у ґрунтах.

Розраховано стік розчинених форм азотних та фосфорних сполук

Виявлено, що азот виноситься переважно поверхневим стоком, хоча й різниця між поверхневим і під поверхневим стоком незначна. Сполуки фосфору виносяться в переважному підґрунтовими водами.

Досліджено зв'язок розчинених форм азоту та фосфору з водним стоком, який показав їх тісну залежність.

За отриманими результатами можна отримати кількісні параметри для встановлення коефіцієнта K_d (коефіцієнт розподілу речовини між рідкою та твердою фазами).

Отримані результати дають картину формування біогенного навантаження річок та озер в період весняного водопілля.

Література

1. Панников В. Д. Почвы, удобрения и урожай / Панников В. Д. – М.: «Колос», 1964. – 336 С
2. Аналітична хімія поверхневих вод / Б. Й. Набиванець, В. І. Осадчий, Н. М. Осадча, Ю.Б. Набиванець. – К. : «Наукова думка», 2007. – 455 с.
3. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под. ред. А. Д. Семенова. – Л. : Гидрометеиздат, 1977. – 532 с
4. Крайнов С. Р. Гидрогеохимия / С. Р. Крайнов, В. М. Швец. – М. : «Недра», 1992. – 463 С
5. Гинзбург К. Е. Фосфор основных типов почв СССР / Гинзбург К. Е. – М.: «НАУКА», 1981. – 244 с
6. Эволюция круговорота фосфора и эвтрофирование природных вод. – Л. : Наука, 1988. – 204 с
7. Алекин О. А. Сток растворенных веществ с территории СССР / О. А. Алекин, Л. В. Бражникова– М. : Наука, 1964. – 144 с.

Аннотация Ю. А. Лузовицкая, Н. Н. Осадчая **Особенности диффузного поступления биогенных элементов в водные экосистемы.** На основе обработки данных экспериментальных исследований на экспериментальном стоковом участке воспроизведены реальные условия процесса формирования диффузного поступления минеральных соединений азота и фосфора с поверхностными и подповерхностными водами. Исследована динамика концентраций и закономерности выноса биогенных веществ. Исследована связь между выносом исследуемых компонентов и объемом водного стока. Установлено определяющую роль водного стока в формировании эмиссии азота и фосфора.

Ключевые слова: биогенные вещества, азот, фосфор, концентрация, вынос, диффузное поступление, водный сток, поверхностный сток, подповерхностный сток, корреляционная связь

Abstract. Yu. Luzovitska N. Osadcha **Features of nutrients incoming in aquatic ecosystems.** On the basis of the data of experimental research on the experimental plot katabatic reproduced the real conditions of the formation of mineral revenues diffuse nitrogen and phosphorus to surface and subsurface waters. The dynamics of concentrations and patterns of nutrient removal. The connection between the removal of the test components and the volume of runoff. Established a decisive role in shaping the runoff of nitrogen and phosphorus emissions.

Keywords: nutrients, nitrogen, phosphorus concentration, removal, diffuse flow, runoff, surface runoff, subsurface runoff, correlation

Поступила в редакцию 14.02.2014 г.