

РОЗДІЛ 6

ГІДРОБІОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ

УДК 550.47

ФОСФОРОВМІСНІ СПОЛУКИ В БІОГЕОХІМІЧНОМУ КРУГООБІГУ: БАЛАНС І ВИКЛИКИ

Вересюк Ю.М., Горин О. І., Боднар О. І.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: veresukulia@gmail.com

Фосфор є важливим і незамінним хімічним елементом для існування живих організмів. Він входить до складу найважливіших біомолекул: нуклеїнових кислот, які забезпечують збереження і передачу спадкової інформації, а також аденозинтрифосфату – головного та універсального джерела енергії для біохімічних процесів. Фосфор також бере участь у формуванні структури фосфоліпідів і процесах регуляції обміну речовин. Його присутність є обов'язковою умовою життєдіяльності клітин, росту і розвитку організмів. Водночас, на відміну від азоту чи вуглецю, фосфор практично не має газової фази в природі, що зумовлює його повільний кругообіг у біосфері та підвищену чутливість екосистем до змін його балансу.

Зростаючий попит на їжу та енергію надходження фосфору в біосферу внаслідок людської діяльності зросло в чотири рази за останні десятиліття, що сприяло швидкому прискоренню циклу фосфору. Часто трапляється, що обсяг внесення фосфору перевищує допустимий, однак споживання цього елементу організмами набагато менший порівняно з іншими біогенними елементами, такими як вуглець і азот, із наступним співвідношенням

C : N : P – 106:16:1. Через низьку стехіометричну потребу у фосфорі, але високе його надходження до навколишнього середовища внаслідок антропогенної діяльності, відбувається надмірне накопичення фосфорних сполук в агросистемах. Це обумовлює їх надлишкове надходження з поверхневими стоками у прісні гідроекосистеми, викликаючи евтрофікацію та цвітіння

водойм – серйозну проблему погіршення якості води у всьому світі [2, 3].

Зазначимо, що цикл фосфору існує і в окремих екосистемах, включаючи ґрунт, річки, ліси та море, які тісно пов'язані з ключовими проблемами безпеки навколишнього середовища та людського суспільства. Цикл Р відрізняється від біогеохімічних циклів N і C, оскільки він не утворює жодних стабільних газоподібних форм при земних температурах і атмосферному тиску. Лише невеликі кількості фосфорної кислоти (H_3PO_4) можуть надходити в атмосферу і в деяких випадках сприяти кислотним дощам. Фосфор, що викидається в атмосферу в результаті згоряння викопного палива та біопалива, що було внесено до десяти критичних «планетарних кордонів» земної системи, згодом транспортується до аерозольного Р і швидко осідає в наземних і водних екосистемах. Таким чином, найбільшими резервуарами фосфору в ґрунті та морському середовищі є фосфатна порода та осадова порода. Природний кругообіг Р – це простий односторонній потік від наземних до водних екосистем через денудацію неорганічної форми Р та іммобілізацію осаду в середньострокових масштабах часу (10^3 років) [1].

Водночас, на суходолі відбувається доволі інтенсивний колообіг фосфору в системі ґрунт – рослини – тварини – ґрунт. Доступність фосфору рослинам у ґрунті постійно змінюється, це є інтенсивним та динамічним процесом. Важкодоступні сполуки можуть переходити в більш доступні і навпаки. Із ґрунту рухомі форми фосфору поглинаються у вигляді іонів. Фосфор органічних решток та гумусу мінералізується ґрунтовими мікроорганізмами і більша його частина переходить у слабкорозчинні солі. Органічні кислоти, що виділяються кореннями рослин, переводять фосфор цих сполук у рухомі форми і рослини активно засвоюють його. По ксилемі фосфор майже повністю транспортується в неорганічній формі, що надходить у листки і зони росту рослин. Із клітин листків він переміщується у ситоподібні трубки і по флоемі – переміщається в конус наростання і плоди. Перетворення фосфору в рослині досить просте, оскільки у складних сполуках ступінь його окиснення залишається таким самим, як і під час поглинання [2]. Багато

ґрунтів містять в собі вищі рівні загального Р (P_t), ніж інших не менш важливих елементів, таких як азот (N) і калій (K). Проте більше 80% фосфору є доволі нерухомою і важкодоступною формою для поглинання рослинами. Зазвичай, отриманий рослинами фосфор з ґрунту, знерухоплюється і насичується мінералами ґрунтовими мікробами. Вплив геохімічних процесів на рівень кількості фосфору в ґрунті, досить добре вивчений, проте багато про важливість біологічних процесів залишається невідомим.

Порушення природного кругообігу фосфору спричиняє низку серйозних викликів як для довкілля, так і для людства в цілому. Через обмежену кількість високоякісних фосфатних руд постає загроза для аграрного сектору у майбутньому. Через те, що стабільна кількість фосфору буде порушена у біогеохімічному кругообізі, підтримувати високі та якісні врожаї сільськогосподарських культур буде складно. У результаті чого постає питання, яке вимагає негайного вирішення, а саме необхідність впровадження новітніх технологій і методів у збиранні, переробці і повторному використанні фосфоровмісних відходів. Розвиток технологій видобування фосфору з відходів, таких як стічні води, осади, харчові відходи, дозволяє зменшити навантаження на природні системи. Наприклад, створення установок для вилучення фосфору у формі струтиту ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$) із каналізаційних вод. Також одним із способів це є біотехнологічні інновації у виведенні рослин з підвищеною потребою у засвоюванні фосфору та багато інших методів. Але найважливішим шляхом для запобігання цієї проблеми, є розумне і врівноважене використання фосфоровмісних речовин у нашому буденному житті. Таким чином, раціональне поєднання технологічних інновацій, природоохоронних заходів і освітніх програм дозволить значно зменшити ризики, пов'язані із фосфорним дисбалансом.

Список літератури

1. Tian J., Ge F., Zhang D., Deng S., Liu X. Roles of Phosphate Solubilizing Microorganisms from Managing Soil Phosphorus Deficiency to Mediating Biogeochemical P Cycle. *Biology (Basel)*. 2021. Feb 17. 10(2):158.
2. Vaccari D. A. Chemosphere phosphorus cycle issue--

introduction. *Chemosphere*. 2011 Aug. 84(6):735-6.

3. Wang Z, Guo Q, Tian L. Tracing phosphorus cycle in global watershed using phosphate oxygen isotopes. *Sci Total Environ*. 2022. Jul 10. 829:154611.

УДК [571.5(28):591.521.11](285.3)

**РОЛЬ РІЗНИХ ПРОЯВІВ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ
НА ПРОСТОРОВО-ЧАСОВУ ДИНАМІКУ
МАКРОЗООБЕНТОСУ МЕТАУГРУПОВАНЬ
РІЗНОТИПНИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ**

Воліков Ю. М., Старосила Є. В., Рибка Т. С.

Інститут гідробиології НАН України

E-mail: voprogram@ukr.net

У довоєнні роки із основних чинників, які впливали на розвиток угруповань макрзообентосу та інших біотичних складових більшості досліджених локалітетів був імпульсно-стабілізований водневий режим, обумовлений роботою Київської ГЕС. Скиди води, характеризувалися певними, екологічно обґрунтованими рівнями, що підтримували сприятливі для розвитку угруповань макробезхребетних параметри гідрохімічного режиму, зокрема, вмісту кисню у воді.

Дослідження проводилися у період 2022-2024 рр. на акваторії шести вибраних локалітетів: два з яких знаходилися на русловій ділянці р. Дніпро («Русло, нижче затоки Собаче гирло»; «Канівське водосховище, парк «Наталка»), на двох станціях затоки Собаче гирло («Собаче гирло, застійна зона»; «Собаче гирло, човнова станція»), поруч розташованій малій водоймі («Ізольована водойма, біля затоки Собаче гирло») та станції на оз. Вербне («оз. Вербне, точка нижня»).

З весни 2023 р. внаслідок ведення воєнних дій усталений гідрологічний режим Канівського водосховища було порушено. Весняні рівні води піднімалися до 6,5 м. [1]. У 2024 р. високі рівні також межувалися з різкими їх спадами.

Аномально висока амплітуда їх коливань мала вкрай негативні наслідки для мешканців донних біотопів. Послідовність процесів, що тут відбувалися і механізми їх впливу були неоднаковими в різних локалітетах. У тих із них, що мали