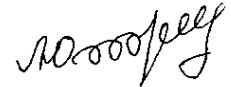


Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ЛУЗОВИЦЬКА ЮЛІЯ АНАТОЛІВНА



УДК 556.531.4÷ 556.561+556.11.012+628.1.03

**СТІК РОЗЧИНЕНИХ РЕЧОВИН Р. ДЕСНА ТА РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДІВ
ЙОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

11.00.07 – гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата географічних наук

Київ – 2017

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано у відділі гідрохімії Українського гідрометеорологічного інституту Державної служби України з надзвичайних ситуацій та Національної академії наук України.

Науковий керівник: доктор географічних наук, старший науковий співробітник
Осадча Наталія Миколаївна,
Український гідрометеорологічний інститут
ДСНС України та НАН України,
завідувач відділу гідрохімії

Офіційні опоненти: доктор географічних наук, професор
Гребінь Василь Васильович,
Київський національний університет
імені Тараса Шевченка МОН України,
професор кафедри гідрології та гідроекології

кандидат географічних наук,
Жежеря Владислав Анатолійович,
Інститут гідробіології НАН України,
старший науковий співробітник відділу
прісноводної гідрохімії

Захист відбудеться “17” жовтня 2017 року о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.001.22 у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка за адресою: м. Київ, МСП-680, проспект Акад. Глушкова, 2-А, географічний факультет, ауд. 312.

З дисертацією можна ознайомитися в Науковій бібліотеці ім. М. Максимовича Київського національного університету імені Тараса Шевченка за адресою: 01033, м. Київ, вул. Володимирська, 58, к. № 12

Автореферат розіслано “12” вересня 2017 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 26.001.22,
кандидат географічних наук

А.В. Круківська

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Незважаючи на те, що водні ресурси належать до відновлювальних, господарська діяльність людини призводить до їх виснаження та забруднення. У 80-х роках минулого століття антропогенний вплив досягнув рівня природних чинників формування хімічного складу водних об'єктів, а подекуди й перевищував його. Падіння економічного виробництва та зменшення водокористування, що спостерігається в Україні з початку 1990 рр., зумовило зменшення забруднення поверхневих вод, однак стан їхніх екосистем до цього часу не відновився.

Практика управління водними ресурсами в Україні тривалий час була направлена переважно на регулювання забруднення, що надходить від точкових джерел. Роль розподілених джерел у формуванні хімічного стоку річок практично не оцінювалась. Водночас численні світові публікації вказують, що вплив дифузних джерел за останні 20 років істотно виріс і часом може перевищувати вплив скидів стічних вод.

На сьогоднішній день глобального значення набуло забруднення вод біогенними елементами (БЕ), надлишок яких призводить до появи такого небезпечного явища як евтрофікація. Під вказаним терміном розуміють неконтрольоване зростання водної флори, що призводить до порушення балансу організмів у водному об'єкті та зниження якості води. БЕ надходять у водні об'єкти із стічними водами комунальних, промислових та сільськогосподарських підприємств, з мінеральними добривами, що змиваються водним стоком з полів, а також через зарегулювання річок.

Розроблення методів кількісної оцінки стоку сполук БЕ, а також визначення домінуючих чинників їхнього надходження є важливим завданням управління водних об'єктів та запобігання евтрофікації.

Вирішення цього завдання передбачається впровадженням у практику управління водними ресурсами України низки законодавчих актів ЄС, серед яких найбільше значення мають Водна Рамкова Директива 2000/60/ЄС, директива про охорону вод від забруднення, спричиненого нітратами від сільськогосподарських джерел, директива стосовно очистки стічних вод міст.

Річка Десна – одна з найбільших приток Дніпра, що формує 21 % його водного стоку. Води річки використовуються як джерело питного водопостачання низки великих міст, серед яких і столиця України м. Київ. У басейні річки проживає понад 960 тис. чоловік, знаходяться такі великі обласні центри як м. Чернігів та м. Суми. Економічна діяльність рівномірно розподілена між переробною промисловістю та сільським господарством. Стратегічна галузь регіону – це молочне тваринництво.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Наукові результати, які наведено в дисертаційній роботі, отримані під час проведення досліджень у відділі гідрохімії УкрГМІ за безпосередньої участі автора як виконавця державних бюджетних науково-дослідних робіт: № 15/09 “Науковий супровід існуючої системи моніторингу поверхневих вод України та розроблення принципів та методології її модернізації відповідно до міжнародних стандартів” (ДР № 0109U005588, 2009–2011 рр.); № 9/12 “Розроблення ГІС-орієнтованої

системи для прогнозування винесення компонентів хімічного складу поверхневих вод з водозборів річкових басейнів” (ДР № 0112 U003627, 2012–2014 рр.); № 8/15 “Розробка методології та методів оцінки хімічного стану поверхневих вод України відповідно до європейських стандартів” (ДР № 0115 U004100, 2015–2017 рр.).

Мета та завдання дослідження. Мета дисертаційної роботи — дослідження стоку розчинених речовин з водами р. Десна, визначення основних екологічних впливів та розроблення методів моделювання стоку окремих забруднювальних показників.

Для досягнення поставленої мети виконано такі завдання:

- дослідити основні тенденції зміни концентрацій компонентів хімічного складу води р. Десна за період 1991–2010 рр.;
- провести кількісну оцінку хімічного стоку р. Десна та встановити основні чинники, що впливають на стік окремих компонентів;
- дослідити багаторічне коливання водного стоку та винесення окремих компонентів хімічного складу, а також особливості його сезонного розподілу;
- дослідити вплив основних антропогенних чинників на хімічний склад води р. Десна та ідентифікувати основні еколого-гідрохімічні проблеми;
- дати оцінку самоочисної здатності водної екосистеми річки;
- дослідити основні закономірності вимивання біогенних елементів з водозбірної площі;
- встановити кількісні параметри перерозподілу нітрогену й фосфору в системі «грунт-вода»;
- визначити кількісні параметри впливу мінеральних добрив на стік біогенних елементів;
- розробити методи прогнозування емісії біогенних елементів з водозбору р. Десна.

Об’єкт дослідження – закономірності формування стоку розчинених речовин у басейні річки Десна в межах України.

Предмет дослідження – кількісна оцінка винесення розчинених речовин з території водозбору, аналіз його часової мінливості, чинників впливу та розроблення методів прогнозування.

Методи дослідження і вихідна інформація. Застосована в цій роботі методологія розрахунку стоку розчинених речовин р. Десна розвиває методичні надбання, викладені в попередніх роботах виконаних для басейну р. Десна (О. П. Нахшина, 1968; Д. В. Закревський, В. І. Пелешенко та В. К. Хільчевський, 1988; І. В. Мирон, 2003; Л. М. Притула, 2010), дослідження вмісту біогенних елементів у р. Десна (С. І. Сніжко, 1993), дослідження щодо оцінки навантаження біогенними елементами на річкові басейни (М. І. Хрісанов, Г. К. Осіпов, 1993; В. К. Хільчевський, 1996; А. В. Яцик, 2004), моделювання стоку розчинених речовин (М. І. Хрісанов, Г. А. Душенкова, 1986; С. О. Міхайлов, 2000; С. А. Кондратьєв, 2005; А. В. Леонов, 2010; Н. Behrendt, D. Opitz 1999; M. Venohr, U. Hirt, J. Hofmann, 2011).

Вихідними матеріалами для розрахунків і побудови графічних матеріалів були результати щоденних спостережень ПАТ «Київводоканал» у гирловій ділянці р. Десна (3 км), а також дані мережі моніторингу поверхневих вод ДСНС України й власні матеріали, отримані під час проведення експедиційних та експериментальних досліджень.

Хімічний аналіз проб води та проб ґрунту виконувався за сертифікованими методами в акредитованій лабораторії УкрГМІ. Оброблення первинної інформації, розрахунки, статистичний аналіз та побудова графіків проводилися за допомогою інформаційно-аналітичної системи (ІАС) «Aqua Guard», розробленої в УкрГМІ, та прикладної системи програми «Microsoft Excel». Для дослідження тенденції зміни концентрацій хімічних речовин за багаторічний період використано програмний продукт Фінського метеорологічного інституту, розроблений для оцінювання трендів часових рядів на підставі непараметричного критерію Манна-Кендалла.

Побудову тематичних шарів окремих показників у басейні р. Десна виконано з використанням програмного продукту ArcGIS.

Наукова новизна отриманих результатів.

Уперше:

- виявлено зміщення винесення сполук неорганічного нітрогену в бік домінування нітратної форми;
- визначено та обґрунтовано основні еколого-гідрохімічні проблеми в басейні р. Десна;
- виконано оцінку самоочисної здатності водної екосистеми річки щодо неорганічних сполук нітрогену й фосфору та проведено її просторовий аналіз;
- виявлено вплив дифузних джерел забруднення в басейні р. Десна та проведено кількісну оцінку їхнього впливу на формування стоку біогенних елементів у басейні р. Убідь;
- розроблено емпіричний, математичний методи для моделювання винесення біогенних елементів з водозбірної території р. Десна;
- виконано прогноз емісії біогенних елементів балансовим методом у суббасейні р. Убідь.

Удосконалено:

- методики фазово-циклічної структури хімічного стоку та характеру внутрішньорічного розподілу головних іонів і біогенних елементів у басейні р. Десна;
- принципи оцінювання впливу природних та антропогенних чинників на формування винесення біогенних елементів у басейні р. Десна;
- підходи застосування балансового методу для моделювання винесення біогенних елементів;
- методичні підходи визначення закономірностей перерозподілу біогенних елементів у системі «ґрунт-вода» на прикладі чорнозему;
- балансовий метод моделювання запасу нітрогену та фосфору в ґрунтовому покриві.

Дістали подальший розвиток:

- знання щодо кількісного вмісту та тенденцій змін винесення хімічних речовин у р. Десна за сучасний період (1991–2010 рр.);
- застосування екосистемного підходу для оцінювання якості води;
- знання щодо аналізу основних антропогенних чинників впливу на хімічний склад води р. Десна;
- визначення впливу розподілених джерел на формування стоку біогенних елементів у басейні річки Десна;
- визначення кількісних характеристик перерозподілу біогенних елементів у системі «грунт-вода» за умов застосування мінеральних добрив.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розширенні теоретичних і практичних знань щодо закономірностей формування хімічного складу води р. Десна. Основні наукові положення та висновки дисертаційної роботи доведено до рівня конкретних методичних розробок і прикладних рекомендацій, що можуть бути використані в подальших наукових дослідженнях.

Крім того, оцінювання гідрохімічного режиму, розрахунковий матеріал та моделювання винесення розчинених речовин, оцінювання антропогенних впливів у р. Десна, експериментальні дослідження з отриманими коефіцієнтами розподілу в системі «грунт-вода» можуть бути застосовані в ході розроблення плану управління басейном р. Десна для проведення оцінювання забруднення від розподілених та точкових джерел, а також розроблення заходів з мінімізації їх негативного впливу. Матеріали дисертаційного дослідження можуть бути впроваджені в навчальні курси з фахової підготовки здобувачів вищої освіти різних кваліфікаційних рівнів вищих учбових закладів відповідного профілю, а також в освітньо-наукову програму підготовки аспірантів за спеціальністю «гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія» в Українському гідрометеорологічному інституті ДСНС України та НАН України.

Особистий внесок здобувача полягає у вивченні та аналізі наукової та нормативної літератури за темою дисертаційної роботи, проведенні польових та експериментальних досліджень, виконанні хімічного аналізу проб води та ґрунту, отриманні розрахункових характеристик та узагальненні експериментальних даних, установленні просторово-часових закономірностей коливань показників хімічного стоку в басейні р. Десна. Формування мети й завдань досліджень, обговорення основних результатів та висновків – разом з науковим керівником. У роботах, підготовлених у співавторстві, особистий внесок здобувача поділяється порівну з іншими співавторами.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень було оприлюднено на: V-ій Всеукраїнській науковій конференції «Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія» (м. Чернівці, 2011); II-ій Міжнародній науковій конференції «Географічні та геоекологічні дослідження в Україні та суміжних територіях» (м. Сімферополь, 2013); V-ой Восточно-Европейской конференции «Опыт и Молодость в решении водных проблем» IWA (м. Київ, 2013); 7-ом Всероссийском гидрологическом съезде (г. Санкт-Петербург, 2013); VI-ій Всеукраїнській науковій конференції з міжнародною участю «Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології» (м. Дніпропетровськ, 2014); 15th Biennial conference of the Euromediterranean Network

of experimental and representative basins, hydrologic research on pristine, rural and urban small basins, (Coimbra, Portugal 2014); Науково-практичній конференції «Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем» (м. Київ, 2015); Международной научно-практической конференции «Современные проблемы водохранилищ и их водосборов» (г. Пермь, 2015); Восьмий міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів» (м Дніпропетровськ, 2015); 16th Biennial conference of the Euromediterranean Network of experimental and representative basins, hydrological behavior in small basins under changing conditions, (Bucharest, Romania, 2016); Першому Всеукраїнському гідрометеорологічному з'їзді (м. Одеса, 2017).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 17 наукових праць: 4 статті у фахових наукових виданнях, рекомендованих МОН України, 1 стаття в закордонному науковому фаховому виданні, 12 тез наукових доповідей.

Обсяг і структура дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, 7 розділів, висновків, списку літератури (137 джерел). Загальний об'єм роботи становить 176 сторінок, із яких основний текст викладено на 164 сторінках, включає 16 таблиць та 51 рисунки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність обраної теми дисертаційної роботи, сформульовано мету й завдання, перераховано основні методи дослідження, висвітлено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Відображено зв'язок із науковими програмами і темами, апробацію результатів дисертації на конференціях і в публікаціях.

У **першому розділі** «*Стан вивченості та фізико-географічна характеристика басейну р. Десна*» виконано аналіз попередніх гідрохімічних досліджень у басейні р. Десна. Серед них найвагоміший вклад у вивченість хімічного складу та стоку розчинених речовин у р. Десна зроблено дослідниками Інституту гідробіології НАН України (1960–1970-ті рр.) та Київського національного університету ім. Тараса Шевченка (1980–1990-ті рр.).

У розділі розглянуто фізико-географічні умови формування водного стоку. Басейн р. Десна переважно складений осадовими вапняковими породами, перекритими піщано-глинистими льодовиковими відкладами. Особливості рельєфу сприяють переважанню підземної складової в живленні річок. У складі ґрунтових вод виявлено підвищений вміст неорганічних сполук нітрогену та фосфору, а також плюмбуму, цинку, кадмію та купруму.

Аналіз ґрунтового покриву показав, що основну частину басейну займають дернові відміни легкого механічного складу з низьким умістом гумусу й незначними запасами неорганічних і органічних речовин. Площа, зайнята ґрунтами з підвищеним умістом розчинних сполук – сірих лісових, чорноземів, торфовищ – коливається в межах 4–6 % для кожної відміни. Основна частина земельних угідь басейну р. Десна зайнята сільськогосподарськими угіддями, орні землі займають 69 % території. Лісистість басейну р. Десна становить 26 %.

Кліматичні та гідрологічні умови визначають домінуючий вплив снігового живлення річок, а основна частка водного стоку формується в період весняного водопілля. Опади, кількість яких у середньому становить 650 мм, перевищують випаровування.

Річкова мережа басейну характеризується помірною густотою.

У **другому розділі** «*Матеріали та методи досліджень*» охарактеризовано вихідні дані та методіку досліджень. Інформаційною основою виконаних досліджень були результати щоденних спостережень ПАТ «Київводоканал» у гирловій ділянці р. Десна за концентраціями головних іонів, неорганічних форм нітрогену, фосфору, силіцію, феруму, розчинених газів (кисень та вуглекислий газ), кольоровістю води, чисельністю фітопланктону за період 1991–2010 рр.

Дані про загальний хімічний склад води в створах р. Десна – м. Новгород-Сіверський (1990–2014 рр.), р. Десна – м. Чернігів (1968–2014 рр.) та р. Десна – с. Літки (1991–2014 рр.) отримано з бази даних мережі гідрометеорологічних спостережень ДСНС України. Дані про особливості перерозподілу сполук нітрогену й фосфору в системі «грунт-вода» отримано на підставі натурних експериментів, виконаних автором особисто.

Для реалізації поставленої мети дисертаційного дослідження розроблено схему комплексних досліджень в басейні р. Десна, представлену на рис. 1.



Рис. 1. Загальна схема комплексних гідрохімічних досліджень у басейні р. Десна

У **третьому розділі** «*Загальна характеристика хімічного складу води річки Десна*» проведено аналіз та розглянуто закономірності формування хімічного складу води р. Десна за сезонними та багаторічними характеристиками. Середня мінералізація води в замикальному створі р. Десна за 1991–2010 рр. становила 394 мг/дм³. За сольовими показниками вода р. Десна належить до гідрокарбонатно-кальцієвого класу. Співвідношення аніонів змінюється в порядку: $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$

> Cl⁻, середній уміст яких становить відповідно 235, 45 та 14 мг/дм³. Катіонний склад змінюється в порядку: Ca²⁺ > Na⁺ > Mg²⁺ > K⁺, а середній уміст окремих катіонів становить відповідно 65, 18, 14 та 4 мг/дм³.

Серед біогенних елементів домінують сполуки силіцію. Середня концентрація силіцію у водах р. Десна за період дослідження становила 6,4 мг/дм³, нітрогену неорганічного N_{inorg} – 0,8 мг/дм³. Найменшим умістом серед біогенних елементів характеризуються сполуки фосфору – 0,15 мгP/дм³. Серед неорганічних форм нітрогену домінує його нітратна форма з середньорічною концентрацією – 0,51 мгN/дм³, уміст іонів N-NH₄⁺ становив – 0,27 мгN/дм³, концентрація іонів N-NO₂⁻ серед сполук нітрогену була найменшою й не перевищувала 0,014 мгN/дм³.

Серед металів найбільші концентрації були властиві феруму – 0,4 мг/дм³, що визначається його високим кларком у літосфері. Середня концентрація цинку у воді р. Десна становила 20,7 мкг/дм³, хрому – 8,7 мкг/дм³, купруму – 2,8 мкг/дм³.

Води р. Десна добре забезпечені киснем. Уміст органічних сполук у замикальному створі р. Десна незначний, що свідчить про оптимальні умови під час формування екологічного стану води. За інтегральним показником хімічного споживання кисню (ХСК_{Мп}) вміст органічних речовин у воді р. Десна в середньому дорівнював 8,3 мгО/дм³ за меж коливання від 6,5 до 9,8 мгО/дм³. Середнє значення БСК₅ за період спостережень 1995–2010 рр. становило 2,2 мгО₂/дм³.

Для сезонної динаміки концентрацій головних іонів та БЕ характерні мінімальні значення у весняно-літній період. Виняток становлять сполуки фосфору, концентрації яких у цей період наближені до максимальних значень, що, вочевидь, зумовлено значними скидами стічних вод на фоні мінімальних показників водного стоку.

Тенденції зміни вмісту головних іонів, БЕ та феруму за багаторічний період досліджували за допомогою непараметричного тесту Манна-Кендалла. Оцінку похилу лінії тренду проводили відповідно до рівняння Сенна. Серед компонентів сольового складу низхідні тренди мали аніони сульфатів, хлоридів, катіонів кальцію та магнію. На відміну від них лінія тренду гідрокарбонатних іонів натрію, калію та БЕ мала висхідний характер. Варіабельність коливання концентрацій важких металів незначна. Для хрому спостерігається тенденція до зменшення його вмісту.

У **четвертому розділі** «*Стік розчинених речовин у басейні р. Десна*» наведено результати розрахунку стоку та досліджено динаміку винесення розчинених речовин р. Десна за багаторічний період.

Серед компонентів сольового складу в стоці р. Десна домінують гідрокарбонатні іони – 2482 тис. т/рік або 79 % від загального стоку аніонів. Середня величина стоку SO₄²⁻ становила 492 тис. т/рік, що відповідало 16 % від стоку аніонів. Частка хлоридних іонів була найменшою – 5 % (147 тис. т/рік). У катіонному складі домінують іони кальцію, що визначається особливостями геологічної будови. Середня величини стоку Ca²⁺ у басейні р. Десна становила 685,5 тис. т/рік (65 %), Mg²⁺ – 146,7 тис. т/рік (14 %), Na⁺ – 183,5 тис. т/рік (17 %), K⁺ – 46,5 тис. т/рік (4 %).

У стоці біогенних елементів р. Десна домінують сполуки силіцію. У середньому з водами річки надходить 65,9 тис. т/рік Si або 87 % від загального

винесення БЕ. Середній стік неорганічних сполук нітрогену в стоці БЕ становив 8,6 тис. т/рік (11 %), фосфатів – 1,6 тис. т/рік (2 %).

Серед неорганічних сполук нітрогену в замикальному створі р. Десна переважають нітратні форми – 63 %. Частка нітрогену в амонійній формі становила 36 %, а решта – 1 % перебувала в перехідній нітритній формі. Унормування стоку сполук нітрогену на водність з 50 %-ю забезпеченістю показало тенденцію до його зростання за період 1991–2010 рр. Особливо яскраво така тенденція виражена для амонійних сполук. Досліджуючи ретроспективу біогенного складу вод р. Десна, встановлено, що наприкінці 80-х рр. минулого століття стік нітрогену більше, ніж на 90 % був представлений амонійними сполуками. Причиною вищезазначеної зміни, ймовірно, стала економічна криза, яка призвела до зменшення чисельності населення з наступним зменшенням надходження комунальних стічних вод, у складі яких домінує нітроген в амонійній формі, а також скорочення виробництва харчової галузі, тобто, істотно зменшився вплив точкових джерел забруднення. Також по країні загалом відзначалося зменшення загальних викидів у атмосферу парникових газів, у складі яких уміст азотовмісних газів метану й закису нітрогену досягав відповідно 17 % і 6 %. Це призвело до зменшення надходження сполук нітрогену з атмосферними випадіннями.

Аналіз отриманих нами матеріалів показав, що в басейні р. Десна до цього часу залишається істотним вплив точкових джерел, серед яких найбільшим є вплив м. Чернігів (рис. 2).

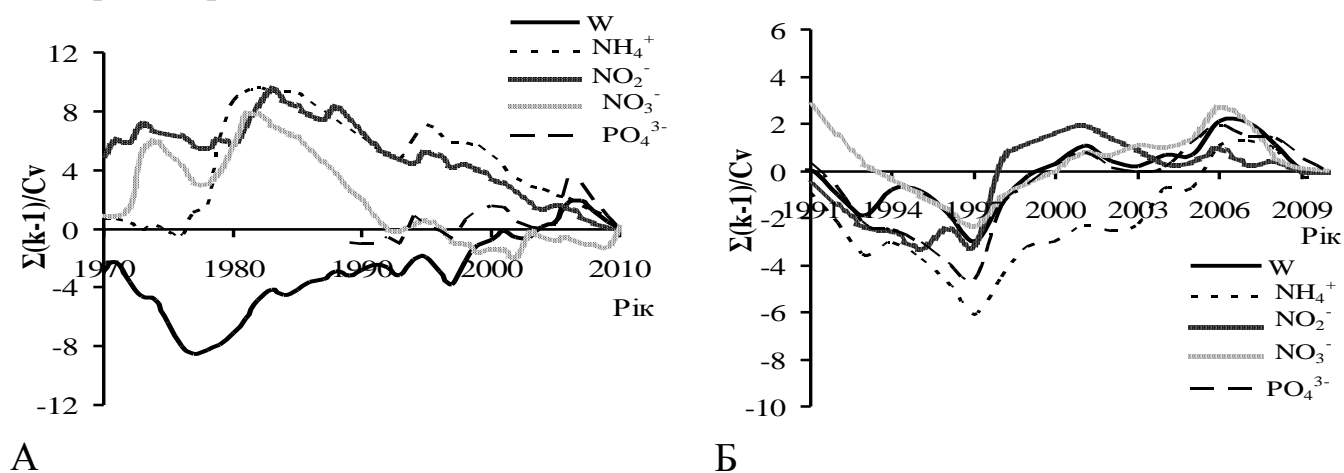


Рис. 2. Інтегральні криві стоку біогенних елементів та водного стоку в басейні р. Десна: (А) створ м. Чернігів, (Б) – гирлова ділянка річки

Цей висновок зроблено на підставі аналізу коливання інтегральних кривих стоку БЕ та водного стоку. У гирловій ділянці річки такі коливання були синхронними та синфазними, що свідчить про переважно дифузний шлях надходження БЕ. У створі м. Чернігів коливання інтегральних кривих стоку сполук нітрогену й фосфору щодо водного стоку не співпадали ні за напрямком, ні в часі. Це стало підтвердженням домінуючого впливу точкового джерела.

Низька тіснота зв'язку між водним стоком та винесенням силіцію обумовлена лімітуючим впливом діатомових водоростей, які домінують серед видового складу

фітопланктону. Діатомові водорості в процесі своєї життєдіяльності активно споживають Si^{2+} на побудову своїх панцирів.

Коливання інтегральних кривих стоку головних іонів щодо водного стоку в замикальному створі р. Десна також синхронні та синфазні.

Досліджено тісноту зв'язку між винесенням розчинених речовин (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , K^+ , N-NH_4^+ , N-NO_2^- , N-NO_3^- , P-PO_4^{3-} , Si^{2+}) та водним стоком з отриманням високих коефіцієнтів кореляції, що свідчить про вплив водного стоку як визначального чинника їхнього надходження.

Внутрішньорічна зміна стоку розчинених речовин характеризується максимальними величинами в період весняного водопілля та мінімальними під час літньо-осінньої межени.

П'ятий розділ «Аналіз впливу основних антропогенних чинників на хімічний склад води в басейні р. Десна» присвячений дослідженню та визначенню окремих чинників антропогенного впливу на хімічний склад води р. Десна.

Забруднення води в р. Десна більшою мірою зумовлено скидами стічних вод від житлово-комунального господарства, що становить 97,7 % від загальних їх скидів. У басейні р. Десна відзначають три великих локальних центри точкового забруднення: м. Брянськ (Російська Федерація), м. Шостка та м. Чернігів. Вплив м. Брянськ поширюється на локальній ділянці і після перетину державного кордону України води р. Десна не мають істотного забруднення. Вплив м. Шостка проявляється на р. Шостка, тобто відзначається значним забрудненням БЕ. Стан водної екосистеми р. Десна поблизу м. Чернігів найгірший.

Оцінка екологічної якості поверхневих вод р. Десна за відповідними категоріями («Методика...», 1998 р.) показала, що найбільше забруднення відбувається сполуками, які визначають трофо-сапробіологічний стан води, зокрема, сполуками фосфору, нітрогену (у нітритній та амонійній формі), органічною речовиною, а також показниками токсичної дії. Таким чином, **основні екологічні проблеми** річки Десна, пов'язані з її хімічним складом, визначаються забрудненням води БЕ, органічною речовиною та показниками токсичної дії. Найбільш поширеною в сучасний період є проблема забруднення поверхневих вод БЕ. Горизонтальна структура забруднення води р. Десна за трофо-сапробіологічним індексом показала, що найгіршою є якість води невеликих річок Білоус та Стрижень, до яких надходять стічні та зливові води м. Чернігів (рис. 3). Вплив м. Чернігів простежується аж до гирла р. Десна й на цій ділянці якість води річки належить до 4 категорії III класу – «задовільна» за станом, слабо забруднена, евтрофна.

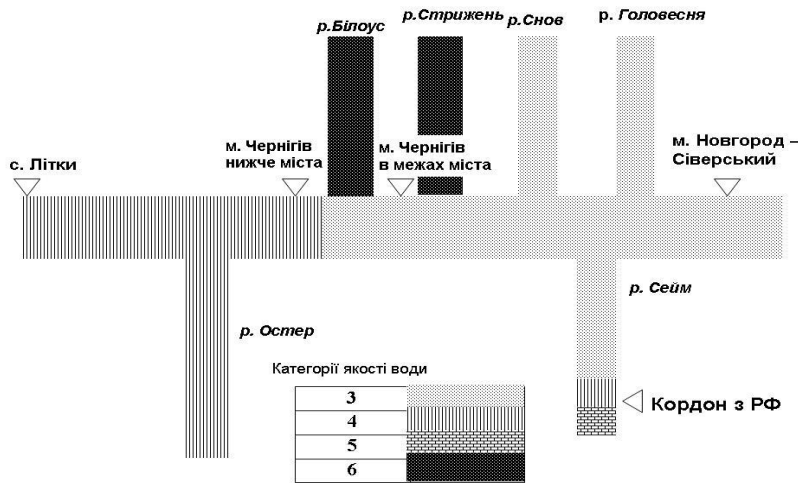
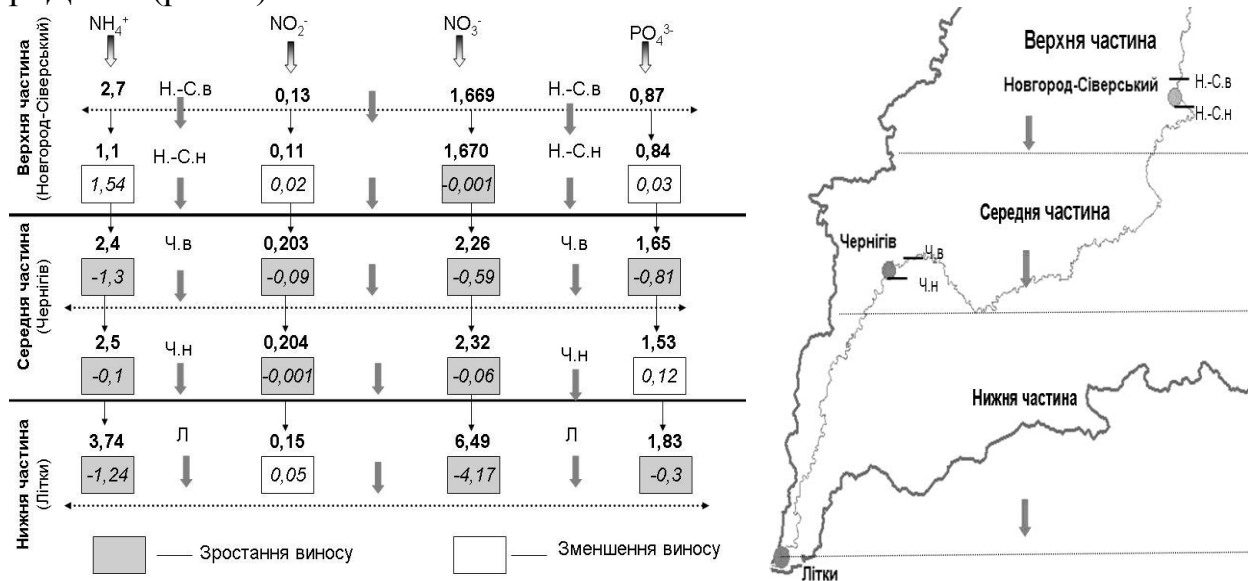


Рис. 3. Горизонтальна структура забруднення води р. Десна за трофо-сапробіологічним індексом

Однорідність формування винесення БЕ та антропогенний вплив на формування їхнього стоку досліджено за допомогою сумарних кривих та подвійних сумарних кривих біогенного й водного стоку. Установлено наявність значних відхилень для сполук нітрогену на ділянці м. Чернігів.

Методологія розрахунку полягала в складанні балансу стоку БЕ між верхнім та нижнім створами. У разі отримання від'ємного значення балансу говорили про зростання винесення досліджуваних сполук, зокрема, забруднення ними вод р. Десна (рис. 4).



Н.-С.в. – Новгород-Сіверський верхній створ, Чернігів в. – Чернігів верхній створ, Н.-С.н. – Новгород-Сіверський нижній створ, Чернігів н. – Чернігів нижній створ

Рис. 4. Просторова зміна винесення неорганічних сполук нітрогену та фосфору в басейні р. Десна, 2001 р.

Верхня частина басейну (м. Новгород–Сіверський) характеризується позитивним значенням різниці досліджуваних елементів між двома його створами, за винятком нітрогену нітратів. На підставі цього зроблено висновок про домінування процесів самоочищення річки на верхній ділянці.

Середня частина басейну (м. Чернігів) характеризується зростанням неорганічних форм нітрогену та фосфору порівняно з верхньою ділянкою річки.

Для дослідження ефективності самоочищення води р. Десна від БЕ скористалися узагальнювальним критерієм ефективності самоочищення (E_c), який характеризує інтегральний вплив усіх процесів і визначається за формулою:

$$E_c = \frac{R_n - R_e}{R_e} * 100, \text{ де } E_c - \text{коефіцієнт ефективності самоочищення річки, } R_n -$$

прибуткова частина стоку, має, зазвичай, більший показник винесення порівняно з верхнім створом; R_b – витратна частина стоку, має менший показник винесення порівняно з нижнім створом. Позитивні значення коефіцієнта свідчить про те, що в річці відбувається самоочищення, від’ємні значення вказують на забруднення. Результати обрахунку показали, що ефективно самоочищення відбувається лише на верхній ділянці, тоді як на середній та нижній ділянках річки домінують процеси забруднення води (табл. 1).

Таблиця 1
Ефективність самоочищення води р. Десна (E_c)

Ділянка басейну р. Десна	E_c (NH ₄ ⁺) E_c (NO ₂ ⁻) E_c (NO ₃ ⁻) E_c (PO ₄ ³⁻)			
	$E_c, \%$			
Верхня – м. Новгород-Сіверський	59	15	- 0,06	3,4
Середня – м. Чернігів	- 4	- 0,5	- 3	7
Нижня – с. Літки	- 50	25	- 180	- 20

У шостому розділі «Експериментальне дослідження особливостей надходження сполук нітрогену та фосфору з водозбірної території» представлено результати натурного експерименту, виконаного на малих стокових ділянках площею 2 м². На одну з ділянок попередньо було внесено мінеральні азотні та фосфорні добрива.

Загальна величина винесення N_{inorg} з неудобреної ділянки становила 0,456 г N, з удобреної – 11,7 г N, що становить відповідно 1,4 та 12,8 % від їхнього загального запасу. Винесення PO₄³⁻ з неудобреної ділянки складало 0,044 г P, а з удобреної – 0,19 г P, що становить 2,3 та 0,3 % від його загального запасу.

Серед стоку неорганічних форм нітрогену у водах поверхневого та внутрішньогрунтового стоку домінувала нітратна форма як в умовах удобрення, так і без використання добрив. Загальну динаміку стоку нітрогену неорганічного та фосфору на малій стоковій ділянці без добрив наведено на рис. 5.

Переважаюча частка винесення БЕ, за винятком іонів амонію, характерна для внутрішньогрунтового стоку, з яким на стоковій ділянці в природному стані надійшло 74 % N-NO₂⁻, 58 % N-NO₃⁻ та 68 % P-PO₄³⁻. Після додавання добрив частка винесення із внутрішньогрунтовим стоком указаних сполук становила 67 % та 96 % відповідно.

Із поверхневим стоком переважно надходили сполуки нітрогену в амонійній формі, відносна частка яких на ділянці в природному стані становила 98 %, а в умовах використання добрив – 73 %.

Отримані результати показали, що в непорушених умовах сполуки нітрогену практично в однаковій кількості надходять як з поверхневим, так і з внутрішньогрунтовим стоком.

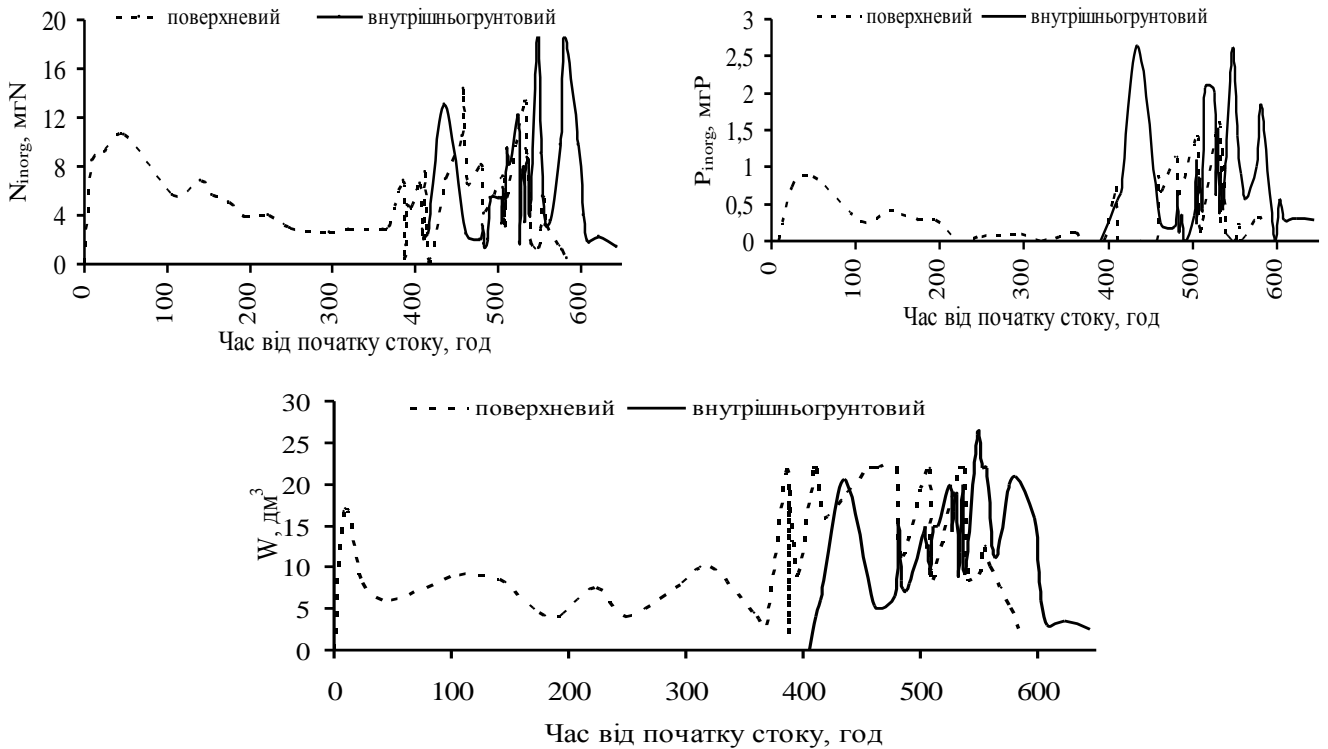


Рис. 5. Розподіл стоку неорганічних форм нітрогену, фосфору та водного стоку між його поверхневою та внутрішньогрунтовою складовою за період спостережень на неудобреній ділянці

Характер зміни концентрацій неорганічних сполук нітрогену та фосфору щодо водного стоку показав, що в поверхневому стоці неудобреної ділянки вони змінюються обернено пропорційно до витрат води. У внутрішньогрунтовому стоці вищезазначена залежність складніша, що обумовлено процесами дифузії й десорбції, які є основними механізмами масоперенесення неорганічних форм нітрогену та фосфору в системі «тверда фаза – вода». Відповідно до величини внесення добрив частка змиву аміачної селітри з водним стоком становила близько 19 %, а суперфосфату – 0,2 %.

Внесення мінеральних добрив зумовило різке зростання виносів БЕ, яке порівняно з природними умовами для сполук нітрогену зросло в 27 разів, фосфору в 4,3 рази.

Згідно з отриманими результатами розраховано коефіцієнт розподілу (K_d) нітрогену й фосфору між твердою та рідкою фазами, який для N_{inorg} становив $37,9 \text{ дм}^3/\text{г}$, для P_{inorg} – $38,1 \text{ дм}^3/\text{г}$.

У цьому розділі «Прогнозування емісії сполук нітрогену та фосфору з території водозбору р. Десна» розроблено три модельні підходи для прогнозування виносів неорганічних форм нітрогену та фосфору з поверхні водозбору.

Емпіричний метод ґрунтувався на високому ступені зв'язку між водним стоком та виносом біогенних елементів у різні гідрологічні фази, коефіцієнти кореляції яких коливалися в період водопілля від 0,78 ($N\text{-NO}_2^-$) до 0,92 ($N\text{-NH}_4^+$), під час літньо-осінньої межени – від 0,67 ($P\text{-PO}_4^{3-}$) до 0,90 ($N\text{-NO}_3^-$), у зимову межень – від 0,64 ($P\text{-PO}_4^{3-}$) до 0,93 ($N\text{-NO}_3^-$). За результатами цього методу моделювання отримано рівняння регресії, які дозволяють провести розрахунок виносів

неорганічних форм нітрогену й фосфору для окремих сезонів та року в цілому (табл. 2).

Таблиця 2

Рівняння регресії для розрахунку стоку окремих форм нітрогену та фосфору

	<i>Весняне водопілля</i>	<i>Л.-о. межень</i>	<i>Зимова межень</i>
	<i>Тис. т/сезон</i>		
$N-NH_4^+$	$NH_4^+ = 0.40 \cdot W, km^3 - 0.74$	$NH_4^+ = 0.40 \cdot W, km^3 - 0.54$	$NH_4^+ = 0.29 \cdot W, km^3 - 0.02$
$N-NO_2^-$	$NO_2^- = 0.009 \cdot W, km^3 - 0.01$	$NO_2^- = 0.02 \cdot W, km^3 - 0.021$	$NO_2^- = 0.017 \cdot W, km^3 - 0.008$
$N-NO_3^-$	$NO_3^- = 0.73 \cdot W, km^3 - 1.19$	$NO_3^- = 0.77 \cdot W, km^3 - 1.28$	$NO_3^- = 0.84 \cdot W, km^3 + 0.05$
$P-PO_4^{3-}$	$P_{inorg} = 0.16 \cdot W, km^3 - 0.33$	$P_{inorg} = 0.20 \cdot W, km^3 - 0.08$	$P_{inorg} = 0.068 \cdot W, km^3 + 0.11$

Емпіричний метод моделювання може давати досить точний прогноз, однак обов'язковою умовою для його застосування є наявність даних про щоденні витрати води та середньомісячні концентрації компонентів хімічного складу, а в період водопілля — кожні 5–10 діб. Рівняння регресії, за яким визначається величина хімічного стоку для кожного басейну, розраховуються окремо. Істотним недоліком такого методу є те, що він потребує періодичного уточнення, що може бути зумовлено як мінливістю дії природних, так і антропогенних чинників.

Про високу ефективність прогнозування стоку БЕ свідчать значення, отримані за критерієм Неша-Саткліфа, який становить для $N-NH_4^+$ – 0,99, для $N-NO_3^-$ – 0,90, для $P-PO_4^{3-}$ – 0,82.

Балансовий метод моделювання винесення неорганічних форм нітрогену та фосфору застосовано для притоки 1-го порядку – басейну р. Убідь, більша частина території якої зайнята сільськогосподарськими землями.

В основу розрахункової схеми, адаптованої для басейну р. Десна, покладено басейновий принцип з можливістю просторової дискретизації до приток 1-го, а за необхідності – 2-го порядку. Формування потоків емісії речовин відбувається за взаємодії в системі «вода – повітря» та «вода – тверда фаза».

Розроблення розрахункових схем окремих компонентів балансу ґрунтувалося на положенні, що геохімічний потік досліджуваних елементів залежить від умісту їхніх рухомих форм у ґрунтовому покриві й атмосферному повітрі та кількісних характеристик стоку. Загальний уміст БЕ у ґрунтах визначається їхньою рухомою рівновагою між прибутковими й витратними складовими. До прибуткової складової відносили надходження з мінеральними та органічними добривами, симбіотичну й несимбіотичну фіксацію та надходження на водозбірну площу з атмосферними опадами. За витратну частину приймали винесення неорганічного нітрогену й фосфору за рахунок урожаю товарних культур, фуражу й трав, а також прямих виділень в атмосферу. Для вхідної інформації використано дані офіційної статистичної звітності. Відповідно до проведених розрахунків загальний запас неорганічного нітрогену та фосфору в ґрунтах становить: S_N (запас) = 9670,3 т;

S_P (запас) = 4439,5 т.

Розрахунок запасу БЕ в ґрунтовому покриві дозволив визначити їхню подальшу емісію в річкову мережу.

Так, з водним стоком надійшло 40,6 т/рік неорганічних сполук нітрогену та 18,6 т/рік фосфору неорганічного.

З атмосферними опадами безпосередньо на водне дзеркало надійшло 3,9 т/рік сполук нітрогену та 0,095 т/рік сполук фосфору.

Винесення неорганічного нітрогену та фосфору з глибинним ґрунтовим стоком становило $N_{inorg} = 2,6$ т/рік для нітрогену і 2,1 т/рік для фосфору.

Таким чином, серед основних джерел надходження БЕ домінував поверхневий стік, частка якого становила 90 %.

На підставі отриманих значень емісії БЕ розраховано модуль їхнього стоку (М) у басейні р. Убідь. Отримані величини становлять: $M_{(N)} = 41,4$ кг/км², $M_{(P)} = 18,3$ кг/км². Для порівняння розраховано модуль стоку БЕ для басейну р. Десна, який становить: $M_{(N)} = 96,6$ кг/км², $M_{(P)} = 17,5$ кг/км². Як видно, отримані результати показали істотну різницю між винесенням N_{inorg} , що, вірогідно, пов'язано із відсутністю точкових джерел у басейні р. Убідь та процесами мікробіальної трансформації неорганічного нітрогену в русловій частині р. Десна.

Математичний метод моделювання ґрунтується на основі транспортно-боксового підходу. Для верифікації моделі використано дані, отримані на експериментальній стоковій ділянці. На момент початку стоку між твердою й рідкою фазами ґрунтів встановилася квазістаціонарна рівновага, що порушувалась надходженням атмосферних опадів. Використана модель описує три послідовні фази розвитку процесу. **Перша фаза** описує витіснення атмосферними опадами порового розчину, який має високі концентрації внаслідок встановлення рівноваги при дифузійному обміні в системі «тверда фаза – вода», яка описується таким рівнянням:

$$\frac{dC_{sol}}{dt} = k_{diff}(C_{sol}^* - C_{sol}) - k_w C_{sol}, \quad \text{де } C_{sol} - \text{вміст розчинених форм елемента, } k_{diff} -$$

константа швидкості дифузного обміну між шаром взаємодії та шаром на глибині 5 см із концентрацією елемента в розчині C_{sol}^* , k_w – швидкість вимивання біогенних елементів.

Друга фаза починається зі зменшення концентрацій, коли після початкового періоду стоку домінуючим процесом стає гідродинамічне промивання порового розчину, під час якого концентрацію речовин у стоці описано формулою:

$$C_{sol}(t) = C_0 \exp \left\{ - \frac{I * t}{H(\rho K_R + \theta)} \right\}, \quad \text{де}$$

K_R – ефективний коефіцієнт розподілу речовини в системі «стік-вода». У розрахунках використовували експериментально встановлені величини K_d $N_{inorg} = 37,85$ дм³/кг, $K_d P_{inorg} = 38,09$ дм³/кг, C_0 – початкова концентрація елемента, H – товщина шару ґрунту, θ – об'ємний вміст води, I – інфільтрація.

У **третій фазі** концентрації речовин у водному стоці внаслідок дифузного обміну із сусідніми шарами знову починають зростати. Повторюється 1 фаза, але вже з іншими параметрами процесу.

Концентрації розчинених речовин визначали за формулою:

$$C_{sol}(t) = C_{eq} - \frac{S(C_0 - C_{if})}{Q} \sqrt{\frac{D}{\pi t}}, \text{ де } C_{eq} - \text{рівноважна концентрація, що становила}$$

для N_{inorg} 0,47 мг N/дм³; $P_{inorg} = 0,05$ мг P/дм³, S – площа поверхні ґрунту, з якого відбувається вимивання, C_0 – початкова концентрація елемента в шарі взаємодії, C_{if} – концентрація елемента на поверхні розділу «ґрунт-потік», D – ефективний коефіцієнт дифузії елемента в ґрунтах, Q – інтенсивність водного стоку.

Точність моделювання винесення неорганічних форм нітрогену та фосфору визначали за допомогою коефіцієнта ефективності Неша-Саткліфа, який для N_{inorg} становив 0,70 та 0,86 для P_{inorg} .

ВИСНОВКИ

1. Розраховані кількісні показники стоку розчинених речовин з водозбірної площі р. Десна за період з 1991 р. до 2010 р. показали, що стік розчинених речовин прямо пов'язаний з водністю річки, а його внутрішньорічному розподілу притаманний максимум під час водопілля (40–53 %).

2. Установлено, що серед стоку біогенних елементів переважають сполуки силіцію (86 %), значно меншою є частка сполук нітрогену – 12 %, а кількість сполук фосфору найменша – 2 %. Виявлено, що після кінця 80-х рр. у стоці нітрогену переважають нітратні сполуки – 63 %. Лімітуючим чинником винесення силіцію була чисельність фітопланктону, зокрема, діатомових водоростей.

3. Шляхом визначення екологічного стану води р. Десна, аналізу подвійної сумарної та різницевої інтегральної кривої водного та біогенного стоку, аналізу скидів стічних вод, а також аналізу господарського комплексу показано наявність у басейні еколого-гідрохімічної проблеми, пов'язаної із забрудненням біогенними елементами. Серед інших впливів на водну екосистему виявлено забруднення органічними речовинами та елементами токсичної дії.

4. Визначення самоочисної здатності води р. Десна вказало на наявність забруднення води від точкових джерел у створі м. Чернігів та від розподілених джерел у нижній частині басейну. На підставі визначення коефіцієнта ефективності самоочищення встановлено, що самоочищення водних мас відбувається лише у верхній частині басейну. На ділянці від м. Чернігів до гирла річки вода р. Десна, навпаки, зазнає додаткового забруднення біогенними елементами від розподілених джерел.

5. Виконаний натурний експеримент на малій стоковій ділянці дозволив дослідити процеси, що відбуваються в гідролого-геохімічній системі водозбору на межі розподілу твердої та рідкої фаз. Установлено, що нітроген з водозбірної території надходить у руслову мережу переважно в нітратній формі, а його кількісні показники не залежать від шляхів надходження. Додаткове розділення гідрографа стоку на складові не покращує прогностичних характеристик стоку нітрогену. Натомість, формування винесення фосфору відбувається переважно за рахунок внутрішньогрунтової складової стоку.

6. Отримано кількісні характеристики коефіцієнтів масорозподілу нітрогену й фосфору в системі «грунт – вода» для чорнозему малогумусного, які становили відповідно 38,08 та 36,07 дм³/г.

7. На підставі оброблення емпіричних даних отримано регресійні залежності між винесенням біогенних елементів та водним стоком у басейні р. Десна в сезонному аспекті та за рік загалом.

8. З використанням балансового підходу, заснованого на ГІС-інструментаріях, виконано моделювання винесення сполук нітрогену й фосфору в суббасейні р. Убідь. Згідно з отриманими результатами, основним джерелом надходження біогенних елементів є сільськогосподарська діяльність.

9. Запропоновано метод математичного моделювання винесення біогенних елементів, заснований на конвективно-дифузному механізмі вимивання речовин у системі «тверда фаза – вода».

10. Отримані результати можуть бути застосовані для розроблення плану управління басейном р. Десна під час проведення оцінок забруднення поверхневих вод від розподілених та точкових джерел, а також розроблення заходів з мінімізації їхнього негативного впливу на екосистему річки. Матеріали дисертаційного дослідження можуть бути впроваджені в навчальні курси з фахової підготовки здобувачів вищої освіти різних кваліфікаційних рівнів вищих учбових закладів відповідного профілю, а також в освітньо-наукову програму підготовки аспірантів за спеціальністю «гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія» в Українському гідрометеорологічному інституті ДСНС України та НАН України.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у вітчизняних наукових фахових виданнях

1. Лузовіцька Ю. А., Осадча Н. М., Осадчий В. І. Винос біогенних елементів з басейну річки Десни. *Зб. наук. пр. УкрНДГМІ*. 2011. Вип. 261. С. 117–138. (Особистий внесок автора: збір та оброблення вихідних даних, аналіз одержаних результатів).
2. Лузовіцька Ю. А., Осадча Н. М. Особливості дифузного надходження біогенних речовин у водні екосистеми. *Научний журнал «Геополітика і Екогеодинаміка регіонів»*. Том 10, вып. 1, Симферополь 2014 г. С. 157–161. (Особистий внесок автора: експериментальні дослідження, аналіз і узагальнення особливостей надходження біогенних елементів з площі водозбору).
3. Лузовіцька Ю. А., Кошкіна О. В., Осадча Н. М. Вплив водного стоку на формування виносу біогенних елементів у басейні річки Десни. *«Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія»*. 2014 Т.2. Вип. 33. С. 37–45. (Особистий внесок автора: оброблення вихідних даних, оцінка впливу водного стоку на формування винесення біогенних елементів).
4. Лузовіцька Ю. А., Осадча Н. М., Артеменко В. А. Аналіз чинників формування біогенного складу води р. Десна за допомогою сумарних та різницевих інтегральних кривих. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2017 Т.1. Вип. 44.

С. 85–94. (Особистий внесок автора: побудова сумарних та різницевих інтегральних кривих, аналіз отриманих результатів).

Статті в закордонних наукових фахових виданнях

1. Osadcha N., Osadchyu V., Lutkovsky V., **Luzovitska Y.**, Artemenko V. Experimental research and mathematical modeling of nutrients release in a small watershed. *Die Bodenkultur journal for Land Management, Food and Environment*. special issu: environment water. 65 band Heft 3 – 4/2014 P. 7–13. (Особистий внесок автора: експериментальні дослідження, частковий аналіз отриманих результатів).

Статті в інших виданнях

1. **Лузовіцька Ю.А.**, Осадча Н.М., Артеменко В.А. Визначення чинників формування біогенного складу річки Десни за допомогою сумарних та різницевих інтегральних кривих. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2016. Вип. 269. С. 86–93. (Особистий внесок автора: побудова сумарних та різницевих інтегральних кривих, аналіз отриманих результатів).

Тези доповідей і матеріали наукових конференцій

1. **Лузовіцька Ю.А.**, Осадча Н.М. Емісія біогенних речовин з території басейну річки Десна. *Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія*. Матеріали п'ятої Всеукраїнської наук. конференції. 2011. С. 157–159. (Особистий внесок автора: проведено розрахунки і аналіз результатів, підготовлено висновки).
2. Осадчая Н.Н., **Лузовицкая Ю.А.** Основные источники формирования биогенной нагрузки в бассейне р. Десны. 5^{ая} Восточно-Европейская конференция «*Опыт и молодость в решении водных проблем*»: сборник статей международной конференции молодых ученых IWA Часть 2. Киев, 26-28 июня 2013 г. С. 70–77. (Особистий внесок автора: проведено розрахунки, частковий аналіз отриманих результатів).
3. Шумов С.Н., **Лузовицкая Ю.А.**, Ищук. А.А. О классификации приток. 5^{ая} Восточно-Европейская конференция «*Опыт и молодость в решении водных проблем*». Сборник статей международной конференции молодых ученых IWA Часть 2. (Русскоязычная версия), Киев, 26-28 июня 2013 г. С. 130–134. (Особистий внесок автора: узагальнення та аналіз отриманих результатів).
4. **Лузовіцька Ю. А.**, Осадча Н. М. Оцінка виносу біогенних елементів з водозбору річки Десни у сучасний період. Географічні та геоекологічні дослідження в Україні та суміжних територіях. Тези доповідей Другої Міжнародної конференції молодих учених. Симф. «ДИАЙПИ», 2013. С. 327–332. (Особистий внесок автора: проведено розрахунки та частковий аналіз, узагальнення отриманих результатів).
5. **Лузовицкая Ю. А.**, Кошкина О. В. Влияние водного стока на формирование биогенной нагрузки в бассейне реки Десны **Тезисы докладов 7-го Всероссийского гидрологического съезда** [Электронный ресурс], 19-21 ноября 2013 г. Санкт-Петербург. (Особистий внесок автора: оброблення даних, аналіз отриманих результатів).

6. Лузовіцька Ю. А., Осадча Н. М. Особливості формування біогенного навантаження водних екосистем за рахунок змиву з поверхні водозбору. *Проблеми гідрології, гідрохімії та гідроекології*. Матеріали 6-ї Всеукраїнської наукової конференції з міжнародною участю. 20-22 травня 2014 р. Дніпропетровськ. С. 185–187. (Особистий внесок автора: експериментальні дослідження, аналіз отриманих результатів).
7. Osadcha N., Osadchyu V., Lutkovsky V., **Luzovitska Yu.** and Artemenko V. Experimental research and mathematical modeling of nutrients release in a small watershed. *Advances in Hydrologic Research on Pristine, Rural and Urban Small Basins*. 15th Biennial Conference of the Euromediterranean Network of Experimental and Representative Basins; Book of Abstracts of the 15th Biennial Conference of the ERB, 9-13 September 2014, Coimbra, Portugal. P. 22. (Особистий внесок автора: експериментальні дослідження, частковий аналіз результатів).
8. Лузовіцька Ю. А. Особливості надходження сполук азоту і фосфору з поверхні водозбору. *Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем*. Збірник матеріалів науково-практичної конференції присвяченої 75-річчю заснування Інституту гідробіології НАН України, м. Київ. 2015. С. 43–45.
9. Лузовицкая Ю. А., Осадчая Н. М. Исследование особенностей поступления в речную сеть минеральных форм азота и фосфора с поверхности водосборной территории «Современные проблемы водохранилищ и водосборов». Труды V Международной научно-практической конференции, г. Пермь. 2015. С. 115–120. (Особистий внесок автора: експериментальні дослідження, аналіз отриманих результатів).
10. Шумов С. М., Лузовіцька Ю. А. Розрахунки вмісту гумусу на площі деяких річкових басейнів України при відсутності відповідних векторних мап. «Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів». Матеріали Восьмої Міжнародної науково-практичної конференції, м. Дніпропетровськ. 2015 р. С. 8–59. (Особистий внесок автора: збір матеріалів дослідження, аналіз отриманих даних).
11. **Luzovitska Yu.**, Osadcha N., Chernyshova L., Shevchuk I., Lytvyn M. Effect of fertilizes on nutrient export with run-of during snowmelt Effect of fertilizes on nutrient export with run-of during snowmelt «*Hydrological behavior in small basins under changing conditions*». Book of Abstracts of the 16th Biennial Conference of the Euromediterranean network of Experimental and Representative Basins, 5–8 September 2016, Bucharest, Romania. (Особистий внесок автора: експериментальні дослідження, частковий аналіз та узагальнення результатів дослідження).
12. Лузовіцька Ю. А., Осадча Н. М. Оцінка самоочисної здатності р. Десна. Тези доповідей *Першого Всеукраїнського гідрометеорологічного з'їзду з міжнародною участю*. 20–23 березня, 2017. м. Одеса. С. 152–153. (Особистий внесок автора: збір матеріалів та аналіз дослідження, узагальнення результатів).

АНОТАЦІЯ

Лузовицька Ю.А. Стік розчинених речовин р. Десна та розроблення методів його моделювання. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук за спеціальністю 11.00.07 – гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія. – Київський національний університет імені Тараса Шевченка Міністерства освіти й науки України, Київ, 2017.

Дисертація присвячена дослідженню стоку розчинених речовин р. Десна та розробленню методів його моделювання. Виявлено перерозподіл у домінуванні стоку неорганічних форм нітрогену від амонійної до нітратної форми з початку 90-х рр. Установлено, що лімітуючим чинником винесення силіцію до кінця 1990-х рр. була чисельність фітопланктону, зокрема, діатомових водоростей. З початку 2000-х рр. чисельність фітопланктону істотно зменшалась й основним чинником формування стоку силіцію стала величина водного стоку.

На підставі оброблення первинних матеріалів показано, що основні еколого-гідрохімічні проблеми в басейні р. Десна пов'язані із забрудненням води біогенними елементами, органічними речовинами та елементами токсичної дії.

Установлено, що самоочищення водних мас від біогенних елементів у межах України відбувається лише в межах м. Новгород-Сіверський. На ділянці від м. Чернігів до гирла річки вода р. Десна, навпаки, зазнає додаткового забруднення біогенними елементами. Виявлено, що окрім точкових джерел надходження забруднювальних речовин, в басейні річки Десна істотне значення мають дифузні джерела, вплив яких найбільше проявляється в гирлі річки.

На основі експериментальних досліджень отримано кількісні характеристики коефіцієнтів розподілу нітрогену й фосфору в системі «грунт – вода» для чорнозему. Розроблено емпіричний, балансовий та математичний підходи для моделювання винесення біогенних елементів з території водозбору.

Ключові слова: біогенні елементи, неорганічні сполуки нітрогену та фосфору, стік, розподілені та точкові джерела забруднення.

АННОТАЦИЯ

Лузовицкая Ю. А. Сток растворенных веществ р. Десна и разработка методов его моделирования. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 11.00.07 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия. – Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко Министерства образования и науки Украины, Киев, 2017.

Диссертация посвящена исследованию стока растворенных веществ (главные ионы и биогенные элементы) р. Десна за период 1991–2010 гг. и разработке методов моделирования выноса биогенных элементов.

С использованием непараметрического теста Манна-Кендалла исследованы тенденции изменения концентраций растворенных веществ в водах р. Десна за многолетний период. Установлено, что для сульфатных, хлоридных ионов, а также

кальция и магния линия тренда имеет нисходящий характер. Сезонная динамика характеризуется минимальными показателями в весенне-летний период, за исключением фосфора неорганического, концентрации которого в этот период приближены к максимальным показателям. А максимальные показатели стока растворенных веществ характерны в период весеннего половодья (40–50 %).

Установлено, что с начала 1990-х гг. произошло перераспределение в стоке неорганических форм азота от доминирования аммонийной формы до нитратной, что связано с уменьшением антропогенного влияния, в частности, за счет уменьшения загрязнения от точечных источников.

Получена высокая степень зависимости между выносом главных ионов, биогенных элементов и водным стоком в замыкающем створе р. Десны, что свидетельствует о доминировании природных процессов при формировании выноса растворенных веществ в устьевой части реки. Выявлено, что вынос кремния до конца 1990-х гг. был лимитирован численностью фитопланктона, в составе которого доминируют диатомовые водоросли.

Анализ антропогенных факторов влияния в бассейне р. Десны показал существенное влияние на загрязнение воды сброса сточных вод жилищно-коммунальных предприятий. На основании оценки экологического качества воды р. Десны определены основные эколого-гидрохимические проблемы реки — загрязнение воды биогенными элементами, органическим веществом и показателями токсического действия. Наибольшее загрязнение приносят биогенные элементы. Горизонтальная структура загрязнения р. Десны этими показателями свидетельствует о наихудшем качестве воды в пределах г. Чернигова.

На основании анализа пространственного распределения стока и использования коэффициента эффективности исследована способность реки к самоочищению от биогенных элементов. Указанные процессы преобладают в верхней части украинского участка бассейна, в районе г. Новгород-Северский, где антропогенное влияние незначительно. В районе расположения г. Чернигова резко возрастает загрязнение воды биогенными элементами, что связано с влиянием сброса жилищно-коммунальных вод. В устьевой части реки отмечено значительное увеличение роли диффузионных источников загрязнения.

На основании экспериментальных исследований на малых стоковых площадках исследованы особенности поступления неорганических соединений азота и фосфора в русловую сеть с поверхностным и внутрипочвенным стоком. Соединения азота практически поровну были распределены между поверхностным и внутрипочвенным стоком, тогда как фосфор существенно преобладал во внутрипочвенном. Получены коэффициенты распределения азота и фосфора между почвой и водным стоком.

Показано, что азот поступает с территории водосборов преимущественно в нитратной форме.

Применение удобрений приводит к существенному возрастанию выноса биогенных элементов (для азота в 27 раз, а для фосфора в 4 раза), которые преимущественно поступают с внутрипочвенным стоком.

Разработаны различные подходы для прогнозирования количественных показателей поступления неорганических форм азота и фосфора с поверхности

водосбора. Эмпирический метод основан на высокой степени связи между выносом биогенных элементов и водным стоком. Полученные уравнения регрессии между водным стоком и выносом биогенных элементов позволяют рассчитывать сток биогенных элементов в сезонном и годовом измерении. Оценка выноса биогенных элементов на основании балансового подхода была выполнена для р. Убедь, являющейся притоком 1-го порядка р. Десна. Полученные результаты свидетельствуют о преимущественном поступлении биогенных элементов от распределенных источников. Математический метод базировался на транспортно-блочном подходе и предусматривал количественное описание процессов диффузии и десорбции в системе «твердая фаза – вода».

Ключевые слова: биогенные элементы, неорганические соединения азота и фосфора, сток, распределенные и точечные источники загрязнения.

SUMMARY

Luzovitska Yu. A. Dissolved substances runoff of the Desna River and development of its modeling methods. – Manuscript.

The thesis for the degree of candidate of geographical sciences, specialty 11.00.07 – land hydrology, water resources, hydrochemistry. Taras Shevchenko National University of Kyiv of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2017.

The thesis is devoted to researching of dissolved substances in the Desna River and development of its modeling methods. The redistribution in the domination of the inorganic forms of nitrogen runoff (from ammonia to nitrate form) from the beginning of the 90s was revealed. It was established that by the end of the 1990s the limiting factor for silicon runoff was the number of phytoplankton, especially Diatoms. The number of phytoplankton has been significantly reduced since the beginning of the 2000s. The value of water runoff became the main factor of the silicon runoff formation.

It was shown (after the processing of primary materials) that the main ecological and hydrochemical problems of the Desna River are associated with water pollution by nutrients, organic substances and toxic elements.

It was established that self-purification capacity of water masses from nutrients occurs only within Novgorod-Siverskyi City. From the Chernihiv City to the river mouth, the water of the Desna River has additional pollution by nutrients. It was found that distributed sources have significant importance for the Desna River (except point sources pollution). Their influence is the most evident at the river mouth.

On the basis of experimental research quantitative characteristics of nitrogen and phosphorus distribution coefficients in the "ground-water" system for chernozem were obtained. Empirical, balance and mathematical methods for the modeling of the nutrients removal from the catchment area were developed.

Keywords: nutrients, inorganic compounds of nitrogen and phosphorus, runoff, distributed and point sources of pollution.