

ГІДРОХІМІЯ, ЯКІСТЬ ВОДИ

УДК 551.556

В.К.Хільчевський, М.І.Ромась, В.М.Савицький
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ПРО ДЕЯКІ СУЧАСНІ НАПРЯМКИ ГІДРОХІМІЧНИХ ТА ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Охарактеризовано сучасні основні напрямки гідрохімічних і гідроекологічних досліджень на кафедрі гідрології та гідроекології Київського національного університету імені Тараса Шевченка, якій у 2004 р. виповнюється 55 років, за наступними напрямками: гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок; вплив АЕС на поверхневі води; стік хімічних речовин з річковими водами; вміст важких металів у поверхневих водах у районах водозаборів; класифікація природних вод за мінералізацією.

Гідрохімічні та гідроекологічні дослідження в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка виконуються кафедрою гідрології та гідроекології географічного факультету на бюджетній основі фінансування відповідно з основними напрямками наукової тематики, окресленої в загальноуніверситетській програмі “Охорона навколишнього природного середовища”.

Наукові дослідження, що виконуються кафедрою та науково-дослідною лабораторією гідроекології та гідрохімії на бюджетній основі, включають наступні тематичні блоки (рис. 1):

- дослідження гідролого-гідрохімічних характеристик мінімального стоку річок;
- оцінка впливу АЕС України на поверхневі водні ресурси;
- дослідження стоку хімічних речовин у басейні Дніпра;
- агрогідрохімічні дослідження.

Виконуються також прикладні науково-технічні дослідження на позабюджетній основі (госпдоговірне фінансування), спрямовані на вирішення цілої низки поточних і перспективних завдань різних суб'єктів водогосподарської та інших галузей економіки України.

Крім того, вчені кафедри працюють над ініціативними науково-дослідними розробками, беруть участь у грантах.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Персональна участь у н.-д.
грантах

Ініціативні н.-д.
розробки (без
фінансування

Позабюджетне
фінансування (госптеми)

Бюджетне фінансування
(2001-2005 рр.)

Викладачі кафедри, провідні працівники н.-д. лабораторії

*Н.-д. лабораторія гідроекології та
гідрохімії кафедри гідрології та
гідроекології*

- Науковий керівник лабораторії –
завідувач кафедри
- Очолює лабораторію – завідувач
лабораторії

Дослідження гідролого-
гідрохімічних
характеристик
мінімального стоку
річок

Оцінка впливу
АЕС на водні
ресурси

Дослідження
стоку хімічних
речовин

Агрогідро-
хімічні
дослідження

Така комплексність у дослідженнях (а також враховуючи, що у 2002 р. кафедра гідрології і гідрохімії перейменована на кафедру гідрології та гідроекології) дає змогу відзначити чітку тенденцію поєднання гідрохімічних досліджень як, власне, й гідрологічних, з гідроекологічними. Під гідроекологією розуміється вчення про взаємозв'язки між гідрологічними, гідрохімічними й гідробіологічними процесами у водах, які містяться у різних компонентах навколишнього середовища та впливають на життєдіяльність організмів і мають склад і властивості, сформовані під дією природних і антропогенних факторів (В.К.Хільчевський та ін., 1995).

Дослідження гідролого-гідрохімічних характеристик мінімального стоку річок

Як відомо, антропогенне навантаження на водні об'єкти України досягло дуже високого рівня. Найбільш напружена ситуація спостерігається протягом літньо-осіннього та зимового меженних періодів, особливо коли річки переходять переважно на живлення підземними водами, ресурси яких спрацьовуються впродовж цих періодів значною мірою. При цьому якість річкових вод через вплив антропогенних факторів (переважно скидання стічних промислових і господарсько-побутових вод) та природних процесів (льодостав, гідробіологічні та фізико-хімічні процеси) також погіршується. Тому дослідження гідролого-гідрохімічних характеристик мінімального стоку річок є одним з актуальних завдань, особливо для басейну Дніпра – основного джерела водопостачання більшої частини України. Зважаючи на ці обставини, НДЛ гідроекології та гідрохімії кафедри з 2001 р. виконує науково-дослідну роботу, метою якої є визначення гідролого-гідрохімічних характеристик мінімального стоку річок басейну Дніпра (у межах України).

За матеріалами Держгідрометслужби України, доповнених даними інших установ, створена відповідна база гідролого-гідрохімічної інформації. Сформовані ряди багаторічних спостережень за такими гідрологічними показниками, як середньомісячні та середньодобові мінімальні витрати води по кожному місяцю літньо-осінньої (червень-листопад) та зимової межени (грудень-лютий). База гідрохімічної інформації включає фізико-хімічні показники, головні іони, біогенні речовини, показники вмісту органічної речовини, забруднюючі речовини, а також витрати води, які спостерігалися при відборі проб на хімічний

аналіз. До бази занесені дані по 62 пунктах спостережень, які розташовані на 38 річках басейну Дніпра.

У гідрологічних розрахунках для визначення витрат води різної забезпеченості використовують, залежно від співвідношення основних статистичних параметрів – коефіцієнтів варіації та асиметрії, такі методи як графоаналітичний, моментів та найбільшої правдоподібності. Згадані методи успішно застосовуються на практиці, але вони є досить трудомісткими і при обробці багатьох сотень рядів значної довжини не є ефективними. Тому при обробці великих масивів інформації постало питання застосування методики, яка дасть змогу швидко і якісно аналізувати розподіли без визначення і використання нормованих відхилень від середнього значення ординат та клітчаток імовірності. На сучасному етапі розвитку комп'ютерних технологій, безумовно, більш продуктивним є метод апроксимації емпіричних кривих розподілу витрат теоретичними кривими, коли будуються точкові графіки (емпіричні криві) та теоретичні криві забезпеченості. Щоб показати достовірність результатів, отриманих методом апроксимації, зроблено їх порівняння з результатами, отриманими іншими методами – графоаналітичним, моментів та найбільшої правдоподібності.

Порівняння результатів, отриманих методом апроксимації та іншими методами, показує, що практично не відрізняються витрати, особливо забезпеченістю 25-95%, від відповідних витрат, отриманих графоаналітичним методом, який вважається найбільш універсальним і об'єктивним порівняно з методами моментів та найбільшої правдоподібності.

У цілому можна зазначити, що в розподілі розрахункових як середньомісячних, так і мінімальних середньодобових витрат річок басейну Дніпра різної забезпеченості (50, 75, 95%) спостерігаються певні спільні закономірності як у режимному (з червня по лютий місяць), так і в просторовому (від Полісся до Степу) аспектах.

У подальшому головним завданням досліджень є районування території басейну Дніпра за характером розподілу модулів мінімального стоку різної забезпеченості в окремі місяці меженного періоду та виявлення впливу окремих чинників на їх формування, а також визначення хімічного складу та якості води за умов формування найбільш несприятливого мінімального стоку річок.

Оцінка впливу АЕС на поверхневі води

Однією з найважливіших екологічних проблем, пов'язаних з атомними електростанціями, є оцінка їх впливу на поверхневі води, оскільки основним джерелом для оборотного технічного водопостачання є води річок та водосховищ. Наявністю відповідної кількості водних ресурсів значною мірою визначається саме розташування АЕС, а подальша експлуатація – їх впливом на кількісні та якісні показники водних ресурсів.

Зазначена проблема на кафедрі гідрології та гідроекології та в науково-дослідній лабораторії гідроекології і гідрохімії досліджується в процесі виконання багатьох бюджетних і госпдоговірних тем, починаючи з 1981 р. Уперше на єдиних методичних засадах були створені з урахуванням особливостей кожної АЕС системи гідролого-гідрохімічного моніторингу на водних об'єктах у районах Смоленської, Чорнобильської, Хмельницької, Рівненської, Запорізької, Південно-Української АЕС, на яких протягом двох десятиріч проводилися цілорічні експедиційні роботи.

До особливостей формування хімічного складу і якості води у водоймищах-охолоджувачах (ВО) належать інтенсивний внутрішній водообмін та підвищення температури води, багаторічна трансформація хімічного складу, дестабілізація і перебудова водних екосистем. У ВО різних типів (руслового, наливного, руслово-наливного) формування якості води та еволюція початкових водних мас значно відрізняються, особливо при різній кількості працюючих енергоблоків та при, відповідно, різному тепловому навантаженні.

Це питання розглядається у багатьох публікаціях науковців кафедри, а підсумовуючою стала монографія М.І.Ромася “Гідрохімія водних об'єктів атомної і теплової енергетики” (К., 2003).

Останнім часом проблема впливу АЕС на водні ресурси в Україні знову привернула увагу у зв'язку із введенням в експлуатацію нових потужностей – другого блоку на Хмельницькій АЕС, четвертого блоку на Рівненській АЕС, а також Ташлицької гідроакумуючої електростанції (ТГАЕС) у складі Південно-Українського енергокомплексу.

З метою об'єктивного оцінювання забезпечення раціонального і безпечного водокористування при нарощуванні потужностей на ХАЕС і РАЕС при Держводгоспі України в 1998 р. працювала відповідна комісія у складі фахівців Укрводпроекту, Держгідромету, Київського

національного університету імені Тараса Шевченка та ін. Головний висновок комісії полягає у тому, що негативного впливу на кількісні та якісні показники водних ресурсів річок Горинь і Стир при роботі одного блоку ХАЕС та трьох блоків РАЕС протягом більше десяти років практично не спостерігалось, а пуск другого блоку на ХАЕС і четвертого блоку на РАЕС не може суттєво погіршити ситуацію при дотриманні проектних параметрів експлуатації електростанцій.

На жаль, подібних досліджень щодо оцінки впливу роботи трьох енергоблоків Південно-Української АЕС та прогнозу стосовно пуску агрегатів Ташлицької ГАЕС на водні ресурси р. Південний Буг не проводились. Експлуатація водоймища-охолоджувача без водообміну з р. Південний Буг, як було передбачено проектом, призвела до підвищення мінералізації води, передчасного спрацювання обладнання (парогенераторів) і, внаслідок цього, до значних втрат електроенергії і великих економічних збитків для України.

Стік хімічних речовин із річковими водами

Оцінка стоку хімічних речовин у басейні Дніпра виконана на основі гідрохімічних даних за 1981-2000 рр., як порівняльна за два десятиріччя: 1981-1990 рр. і 1991-2000 рр.

Стік розчинених речовин із річковими водами визначали за двома групами компонентів: головними іонами та їх сумою, а також біогенними речовинами (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , $Si_{min.}$, $P_{min.}$ і $P_{заг.}$). Для дослідження стоку хімічних речовин (ХР) застосований методичний підхід, який полягає, по-перше, у комплексному підборі компонентів, що контролюються діючими системами моніторингу. По-друге, в алгоритмічну схему даного дослідження були включені такі аспекти, як розрахунок середнього стоку ХР за сезони (весняна повінь, літньо-осіння та зимова межень), виявлення частки сезонного стоку ХР у відповідному середньорічному стоці, розрахунок показників стоку ХР за сезон, внеску кожної ХР в їх сумарний стік.

Як показали виконані дослідження, стік ХР основних річок басейну Дніпра відзначається значною просторовою мінливістю і залежить від фізико-географічних та гідрологічних умов, характеру та інтенсивності, антропогенного впливу в басейні. Характерною особливістю часової динаміки стоку головних іонів більшості досліджених приток Дніпра було зменшення його абсолютних величин протягом 1991-2000 рр. (у порівнянні з 1981-2000 рр.). Зазначені зміни сумарного стоку

спостерігалися на 63,2 (весняна повінь), 68,4 та 94,7% (літньо-осіння та зимова межень) пунктів спостережень. При цьому найбільш суттєвим зменшенням іонного стоку відзначалися річки басейну Нижнього Дніпра. Слід особливо підкреслити, що виявлені зміни стоку головних іонів (за абсолютною величиною і навіть спрямуванням) були неадекватними відповідним змінам водного стоку досліджених річок. Це свідчить, хоча й опосередковано, що на формування іонного стоку в багатьох водних об'єктах Дніпра помітно впливають антропогенні фактори.

На відміну від головних іонів, часова динаміка стоку біогенних речовин у різних водних об'єктах басейну Дніпра відзначалася значно більшою різноманітністю як за спрямуванням, так і за масштабами виявлених змін. В 1991-2000 рр. суттєво зменшився стік іонів NH_4^+ , NO_3^- і NO_2^- (в різні сезони року на 90-95, 66-78 та 64-72% пунктів спостережень відповідно). Стік інших біогенних речовин ($Si_{мін.}$, $P_{заг.}$ і $P_{мін.}$) в зазначене десятиріччя дещо зріс або майже не змінився, особливо в річках басейну Нижнього Дніпра.

Зміни стоку досліджених біогенних речовин у більшості водних об'єктів басейну Дніпра практично не корелювали з відповідними змінами водного стоку, особливо для мінеральних сполук азоту. Неадекватність цих змін як за спрямуванням, так і за абсолютними величинами є беззаперечним підтвердженням значного антропогенного впливу на формування стоку досліджених біогенних речовин із річковими водами дніпровського басейну впродовж вивчених десятиріч. При цьому помітний вплив на формування і абсолютні величини стоку мінеральних сполук, азоту і особливо його окиснених форм (іонів NO_3^- і NO_2^-) чинять внутрішньоводойменні процеси. На це прямо вказує надзвичайно висока і практично стохастична просторова і часова мінливість співвідношень концентрацій і величин стоку сольового амонію, нітратів і нітритів.

Дослідження вмісту важких металів у поверхневих водах у районах водозаборів

На кафедрі в останні десятиріччя приділяється увага дослідженням умісту важких металів (ВМ) у природних водах. Зважаючи на досвід роботи та необхідність виявлення причин високого вмісту деяких важких металів у поверхневих водах басейну Дніпра, у 2003 р. на замовлення Держводгоспу України виконується госптема з оцінки вмісту важких металів у районах водозаборів комплексного призначення з наданням відповідних рекомендацій щодо зменшення негативного впливу їх

високих концентрацій (особливо марганцю) на якість води. У рамках виконання цієї теми проведено аналіз та оцінку даних моніторингу вмісту важких металів по 77 пунктах спостережень із 1996 по 2002 рр. в басейні Дніпра. При цьому досліджено зв'язки концентрацій ВМ з іншими компонентами водного середовища, визначено основні фактори формування аномально високих концентрацій, виконані експедиційні дослідження влітку 2003 р. в районі м. Кременчука.

Основні рекомендації стосовно зменшення впливу високих концентрацій ВМ на функціонування водозаборів комплексного призначення зводяться до основних трьох напрямків:

- перший – це усунення основних передумов виникнення високих концентрацій ВМ у воді до яких належить цвітіння водойм, погіршення їх освітленості та умов перемішування водних мас, порушення балансу між мілководною та глибоководною частинами, збільшення скидів стічних вод та ін.;

- другий – використання внутрішньоводойменних процесів для активізації процесів самоочищення води. Сюди слід віднести інтенсифікацію гідробіологічних процесів, створення умов для активізації різних геохімічних бар'єрів (окиснювального, карбонатного, гідролітичного, глинистого сорбційного та ін.);

- третій – розробка нової концепції моніторингу за вмістом ВМ у водних об'єктах, яка оснований на безперервному моніторингу параметрів, що є вирішальними для якості поверхневих вод (вміст розчиненого кисню, величини рН та Eh).

Класифікація природних вод за мінералізацією

Прикладом розробки ініціативної науково-дослідної тематики може бути класифікація природних вод за мінералізацією (В.К.Хільчевський, 2002). До певної міри завершення цієї розробки було приурочено тому, що 2003 р. було оголошено ЮНЕСКО роком прісної води, а також відзначенню 140-річчя з дня народження відомого вченого В.І.Вернадського. Хоча робота над цією класифікацією проходила тривалий час. У таблиці наведена запропонована класифікація у порівнянні з деякими іншими, розробленими раніше.

Запропонована класифікація природних вод за мінералізацією базується, в першу чергу, на практичних вимогах до використання води (див. табл.). Виходячи із сьогоденних вимог до питної води, необхідно виділити градації мінералізації прісної води, які відповідають певним

фізіологічним нормативам. Так, виділення *дуже прісних вод* ($< 0,1 \text{ г/дм}^3$) пов'язане з тим, що маломінералізована вода (особливо з вмістом солей меншим 100 мг/дм^3) суттєво погіршує якість питної води у фізіологічному відношенні. А вода без солей взагалі вважається шкідливою, оскільки вона знижує осмотичний тиск всередині клітини. Особливо це стосується районів, де використовують воду від танення льодовиків. Така вода відзначається низькою мінералізацією та дефіцитом кальцію. Зазначена ситуація є загальною гігієнічною проблемою, тому необхідне збагачення такої питної води мінеральними солями.

Виділення у цій класифікації *помірно прісних вод* ($0,1-0,6 \text{ г/дм}^3$) і *прісних з підвищеною мінералізацією* ($0,6-1,0 \text{ г/дм}^3$) зумовлене тим, що за сучасними гігієнічними вимогами при межі мінералізації для питної води 1 г/дм^3 оптимальним вважається інтервал $0,15-0,6 \text{ г/дм}^3$ (згідно з вимогами Всесвітньої організації охорони здоров'я - ВООЗ до води вищої питної якості). Державними санітарними нормами і правилами (ДСанПіН 383-96) Мінохорони здоров'я України "Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого водопостачання", введеними в дію з 01.01.2000 р., за фізіологічною повноцінністю мінерального складу рекомендується споживати питну воду з мінералізацією $\geq 100 \leq 1000 \text{ мг/дм}^3$.

За певних екстремальних умов та у посушливих районах із дефіцитом прісної води може допускатися споживання питної води з більш високою мінералізацією – *слабосоленої* (до 3 г/дм^3). При цьому допустимою вважається мінералізація $2,0-2,5 \text{ г/дм}^3$, граничною – $2,5-3,0 \text{ г/дм}^3$.

До градації *середньосолоних вод* ($3,0-15,0 \text{ г/дм}^3$) входять, в першу чергу, мінеральні води, які придатні для внутрішнього вживання за рекомендацією лікаря.

Солоні води ($15-35 \text{ г/дм}^3$) – це морські води та мінеральні лікувальні води з мінералізацією, оптимальною для зовнішнього застосування.

Сильно солоні води ($35-50 \text{ г/дм}^3$) – це, в першу чергу, води морів, солоність яких перевищує середню солоність вод Світового океану.

Розсоли – природні води з мінералізацією понад 50 г/дм^3 . Природні розсоли зустрічаються як у поверхневих водоймах, так і серед підземних вод. Як правило, вони характеризуються хлоридно-натрієвим, хлоридно-кальцієво-натрієвим або хлоридно-кальцієвим складом і є зміненими водами морського походження. Формуються внаслідок посиленого

Класифікації природних вод за мінералізацією

Води	Мінералізація		Автор класифікації
	г/дм ³	‰	
Прісні	< 1,0		В.І.Вернадський (1933-1936)
Солонуваті	1,0-10,0		
Солоні	10,0-50,0		
Розсоли	> 50,0		
Прісні	< 1,0	< 1,0	І.К. Зайцев (1945, 1972)
Дуже прісні		< 0,1	
Нормально прісні		0,1-0,5	
Тверді прісні		0,5-1,0	
Солоні	1,0-36,0	1,0-35,0	
Солонуваті		1,0-3,0	
слабосолоні		3,0-10,0	
сильносолоні		10,0-35,0	
Розсоли	> 36,0	> 35,0	
дуже слабкі	36,0-75,0	35,0-70,0	
слабкі	75,0-150,0	70,0-140,0	
міцні	150,0-320,0	140,0-270,0	
дуже міцні	> 320,0	270,0-350,0	
надміцні		> 350,0	
Ультрапрісні	< 0,2		О.М.Овчинников (1954)
Прісні	0,2-0,5		
Води з підвищеною мінералізацією	0,5-1,0		
Солонуваті	1,0-3,0		
Солоні	3,0-10,0		
Води з підвищеною солоністю	10,0-35,0		
Прісні		< 1,0	О.О. Алексін (1970)
Солонуваті		1,0-25,0	
Морської солоності		25,0-50,0	
Розсоли		> 50,0	
Прісні	< 1,0		Комісія ЮНЕСКО з використання солоних вод
Мінералізовані	1,0-3,0		
Слабосолоні	3,0-10,0		
Середньосолоні	10,0-35,0		
Океанічні	35,0		
Розсоли	> 35,0		
Дуже прісні	< 0,1		
Помірно прісні	0,1-0,6		В.К.Хільчевський (2002)
Прісні з підвищеною мінералізацією	0,6-1,0		
Слабосолоні	1,0-3,0		
Середньосолоні	3,0-15,0		
Солоні	15-35		
Сильно солоні	35-50		
Розсоли	> 50		

випаровування води з поверхні водних об'єктів і внаслідок вилуговування соляних покладів поверхневими або підземними водами.

Розроблена класифікація природних вод за мінералізацією може застосовуватись як при теоретичних гідрохімічних дослідженнях, так і при виконанні прикладних гідрохімічних і гідроекологічних досліджень, пов'язаних з оцінкою якості природних вод для їх використання в різних цілях.

Висновки

Розвиток сучасних напрямків гідрохімічних і гідроекологічних досліджень на кафедрі гідрології та гідроекології Київського національного університету базується на науковій традиції, яка закладалася понад півстоліття, з урахуванням вимог сьогодення, а також завдяки певним змінам у профілюванні кафедри, що відбилися у назві кафедри (1949 р. – кафедра гідрології суші; 1976 р. – кафедра гідрології і гідрохімії; 2002 р. – кафедра гідрології та гідроекології).

* *

Охарактеризованы современные основные направления гидрохимических и гидроэкологических исследований на кафедре гидрологии и гидроэкологии Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, которой в 2004 г. исполняется 55 лет, по следующим направлениям: гидролого-гидрохимические характеристики минимального стока рек; влияние АЭС на поверхностные воды; сток химических веществ с речными водами; содержание тяжелых металлов в поверхностных водах в районах водозаборов; классификация природных вод по минерализации.