

ГІДРОХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Н. Осадча, В. Осадчий, О. Ухань, В. Осипов, Ю. Лузовіцька

Дослідження хімії поверхневих вод в Українському гідрометеорологічному інституті розпочалися у 1993 р. шляхом організації у складі відділу моніторингу водних об'єктів лабораторії радіаційного і гіdroхімічного моніторингу. На цьому етапі був сформований дослідницький колектив, який складався з 2-х наукових співробітників (Осадчий В.І., Осадча Н.М.), 4-х співробітників інженерного складу (Чернишова Л.О., Салівон-Пескова В.Я., Лінчук М.І., Крутоголова Л.М.) та налагоджені аналітичні вимірювання хімічного складу води і донних відкладів у різних річкових басейнах України.

У 1998 р. на базі вищезазначеної лабораторії був створений окремий науковий підрозділ **Відділ гіdroхімії (ВГ)**. Метою його роботи стало забезпечення органів державної влади та громадськості науково обґрунтованою інформацією про якісний стан поверхневих водних об'єктів, формування хімічного складу вод та закономірності його зміни за дії різноманітних чинників, підвищення безпеки водокористування та обґрунтування прийняття управлінських рішень. Протягом 1998 — 2010 рр.



Наукова гіdroхімічна лабораторія

ВГ очолював Осадчий В.І., з 2011 р. — завідувачем ВГ є Осадча Н.М.

На сьогодні ВГ налічує 15 співробітників, серед яких 2 доктори та 5 кандидатів географічних наук за спеціальністю 11.00.07 — гіdroлогія суші, водні ресурси, гіdroхімія. Структурно ВГ поділяється на 2 лабораторії: регіональних гіdroхімічних досліджень та експериментальної гіdroхімії.

При відділі функціонує наукова гіdroхімічна лабораторія, яка забезпечує виконання хіміко-аналітичних робіт у різних середовищах водних екосистем, проведення експериментальних досліджень.

ВГ забезпечує науково-методичне керівництво системи державного моніторингу вод у рамках завдань Державної гіdroметслужби України, яка пізніше увійшла до складу ДСНС України.

Співробітниками ВГ розробляються науково-обґрунтовані пропозиції з оптимізації мережі гіdroхімічних спостережень поверхневих вод України, принципи та методологія модернізації системи моніторингу відповідно до міжнародних стандартів.

Велика увага приділяється впровадженню найновіших високочутливих методів визначення окремих компонентів та контролю якості вимірювань. Зокрема, розроблено методологію дослідження компонентів хімічного складу вод у системі вода-донні відклади, розроблено метод визначення важких металів у воді, завсях, донних відкладах, атмосферних опадах, аерозолях та біологічних матеріалах на основі екстракційного концентрування досліджуваних металів (Fe, Mn, Zn, Co, Ni, Pb, Cd, Cu) з наступним атомно-абсорбційним визначенням.

Для забезпечення належної аналітичної підтримки лабораторій системи моніторингу вод співробітниками відділу підготовлено спеціалізовану монографію "Аналітична хімія поверхневих вод", Набиванець Б.Й., Осадчий В.І., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б., 2007, яка до цього часу залишається єдиним в Україні виданням подібного спрямування і затребувана у хіміко-аналітичних лабораторіях різних відомств.

У 2020 р. підготовлено Керівництво з оброблення рядів гіdroхімічних даних.



Наукові роботи ВГ спрямовані на питання регіональної та експериментальної гідрохімії, які пізніше були доповнені напрямком моделювання забруднення поверхневих вод.

За період діяльності ВГ були розроблені та реалізовані на практиці методологічні основи системних гідрохімічних досліджень, що базуються на синтезі географічних підходів вивчення умов і факторів формування хімічного складу поверхневих вод з дослідженням фізико-хімічних процесів трансформації речовин у різноманітних ланках водних екосистем. Методичні, методологічно-прикладні та прикладні розробки застосовані при вирішенні конкретних екологічних завдань як на окремих водних об'єктах, річкових басейнах, так і для оцінки глобальних екологічних змін поверхневих вод України у цілому.

У ВГ вперше було започатковано узагальнення та аналіз багаторічних даних державного моніторингу вод Державної гідрометслужби України у вигляді щорічних оглядів "Хімічний склад і якість поверхневих вод України" та розділів щодо забруднення поверхневих вод суші до Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища. Узагальнені дані дозволили простежити багаторічні зміни хімічного складу вод та визначити основні чинники, які їх спричиняють. У басейнах річок Сіверський Донець, Західний Буг, Дунай, Десна були виконані поглиблені дослідження у ході виконання дисертаційних робіт співробітників ВГ. Багаторічні результати регіональних досліджень знайшли відображення у монографії Осадчий В.І., Набиванець Б.Й., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. "Гідрохімічний довідник. Поверхневі води України. Гідрохімічні розрахунки. Методи аналізу", 2008 р. у якій були узагальнені дані спостережень за хімічним складом води у межах основних річкових басейнів України, окремих річок та створів.

Спільно із викладачами кафедри гідрології та гідроекології Київського національного університету імені Тараса Шевченка отримані результати узагальнені у монографіях "Регіональна гідрохімія України" та "Гідроекологічний стан басейну Західно-Бугу на території України".

Для збереження, оброблення та аналізу гідрохімічної інформації, що збирається на мережі державного моніторингу вод, співробітниками ВГ розроблено спеціалізовану інформаційно-аналітичну систему (ІАС) "Aqua Guard".

Система має ресурси СУБД з постійно оновлюваною базою первинних даних вимірів хімічного складу і гідрологічних показників поверхневих вод України, а також містить засоби аналізу, статистич-

ної обробки отриманої інформації. Для візуалізації предметної області на базовій карті застосовується ГІС MapInfo, а також розроблені власні засоби картування.

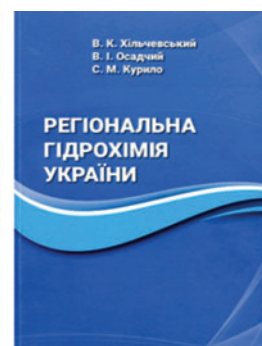
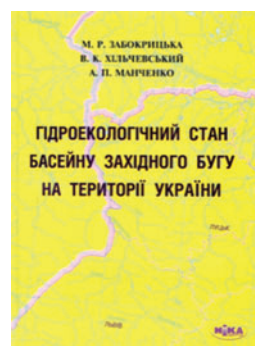
Структурно АІС складається з окремих програмних блоків, призначених для виконання окремого завдання: *Басейни, Графіки, ГДК, Кадастр, Експорт, Занесення*.

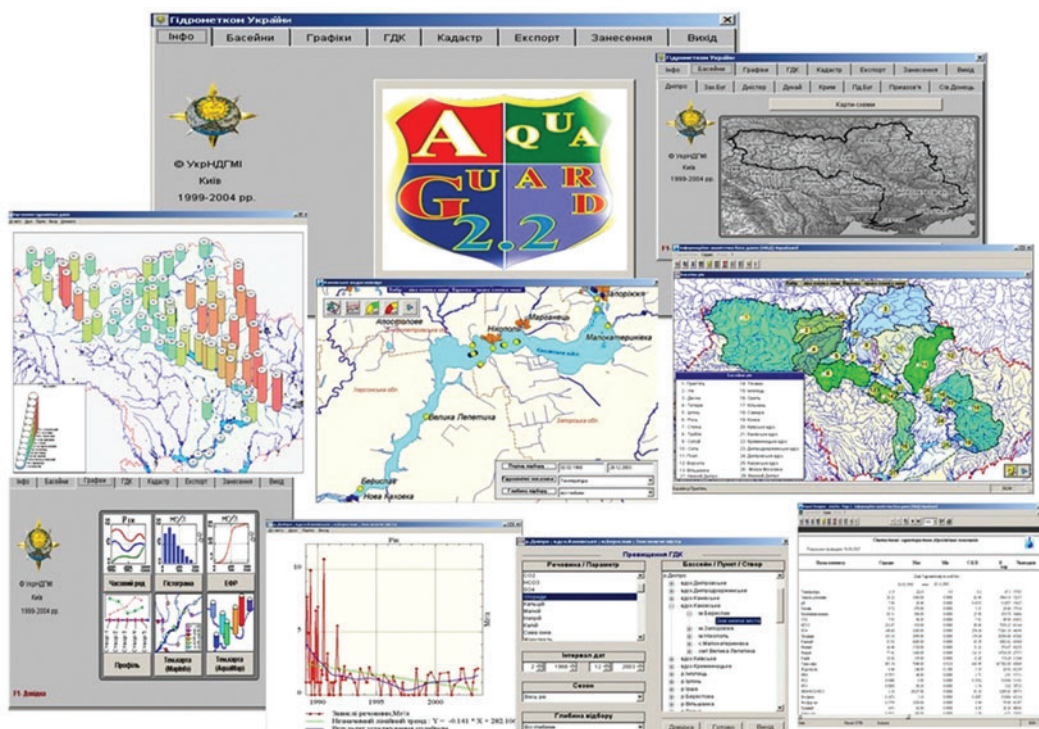
Блок *Басейни* використовується для дослідження заданих параметрів хімічного складу води у межах басейну за вибраний проміжок часу. У цьому блоці також вперше в Україні виконувалась екологічна оцінка стану поверхневих вод за показниками хімічного складу води.

У блоці *Графіки* виконувалось дослідження окремих параметрів хімічного складу води в межах усієї України, басейну, суббасейну чи створу за будь-який проміжок часу та для будь-якого показника або групи показників. Результати згенерованого запиту виводяться у вигляді двомірних графіків, діаграм і картосхем, які наочно відображають інформацію про хімічний склад поверхневих вод на основі запитів до бази даних.

Призначення *тематичного блоку ГДК* — визначення відсотка перевищення ГДК для питного та рибогосподарського користування. Отримана інформація виводиться у вигляді таблиць із зазначенням кратності перевищення ГДК відповідно до формату таблиць "Державного водного кадастру".

Блок *Кадастр* забезпечує підготовку форм про хімічний склад поверхневих вод у форматі "Державного водного кадастру. Щорічні дані про якість поверхневих вод суші. Частина 1. Річки і канали". Цей блок доповнено функцією первинної статистичної обробки рядів спостережень. Цей блок дозволяє здійснювати пошук, вибір і експорт даних за визначений період часу на різних глибинах пробовідбору із можливістю упорядкування даних за індексом, датою і пунктом пробовідбору. Результати вибірки із зазначенням середньої мінімальної та максимальної величини, середнього квадратичного відхилення та об'єму вибірки виводиться на екран у формі таблиці.





Інформаційно-аналітична система Aqua Guard

Блок *Експорт* призначений для експорту сформованої за запитом користувача вибірки даних, яку можна переглянути у табличному вигляді або експортувати у форматах Microsoft Excel; TXT; DBF; DIF і Lotus файлів.

Блок *Занесення* забезпечує постійне поновлення бази первинних даних з можливістю обробки даних та їх контролю на основі експертної оцінки.

Розроблена інформаційно-аналітична система дозволила підтримувати функції супроводу даних довгострокових спостережень за поверхневими водами України, виконувати аналіз і оцінку якості і стану поверхневих вод, надаючи узагальнену інформацію у доступних форматах — табличному, графічному й картографічному.

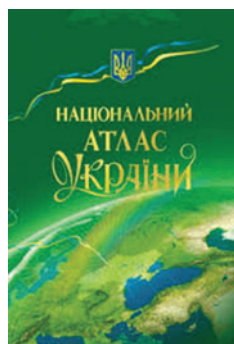
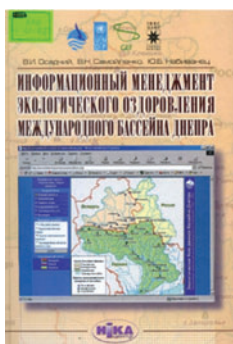
У ході реалізації українсько-американського проекту ГЕФ на підставі розробленої методології була створена міждержавна екологічна база даних

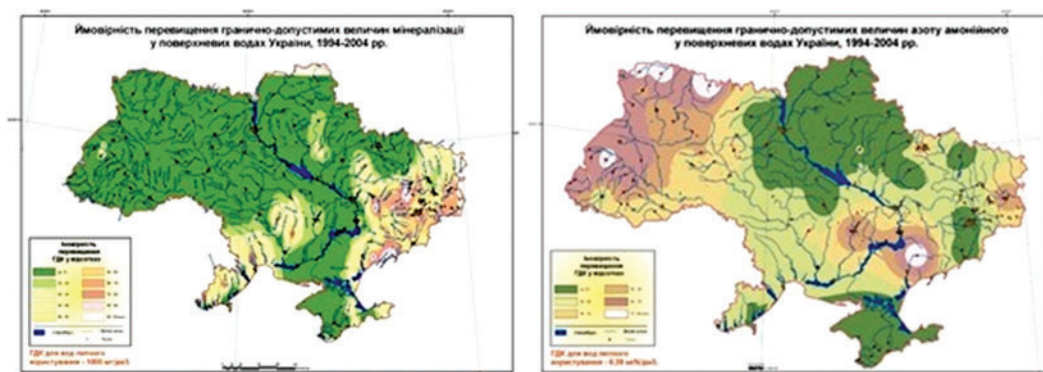
басейну Дніпра у межах Росії, Білорусі та України, яка працює в режимі on-line (www.dnipro-ecobase.org.ua), а у ВГ організовано центр інформаційного менеджменту. Отримані результати знайшли відображення у монографії В.І. Осадчого, В.М. Самойленка, Ю.Б. Набиванця "Інформаційний менеджмент екологічного оздоровлення міжнародного басейну Дніпра", 2004 р.

На особливу увагу заслуговують теоретично-методичні розробки засад картографування хімічного складу та якості поверхневих вод, які реалізовано у Національному атласі України (2008 р.). Завідувач відділу гідрохімії Осадчий В.І. увійшов до редакційної колегії вказаного видання.

Всього було підготовлено 8 тематичних карт, у яких відображено вміст окремих компонентів хімічного складу у поверхневих водах України. Згідно до розроблених теоретичних підходів гідрохімічне районування розглядалося відповідно до фізико-географічної зональності, як такої, що найбільш повно враховує взаємодію всіх основних чинників формування хімічного складу води. Зроблено висновки про те, що основними критеріями є розподіл теплового балансу та вологості, характер ґрунтового-рослинного покриву.

Для підвищення надійності визначення екологічного стану водних об'єктів у ВГ була розроблена методика ймовірнісно-статистичного оцінювання екологічного стану поверхневих вод на осно-





Карти ймовірності перевищення гранично-допустимого рівня:
 А — мінералізації; Б — азоту амонійного у поверхневих водах України

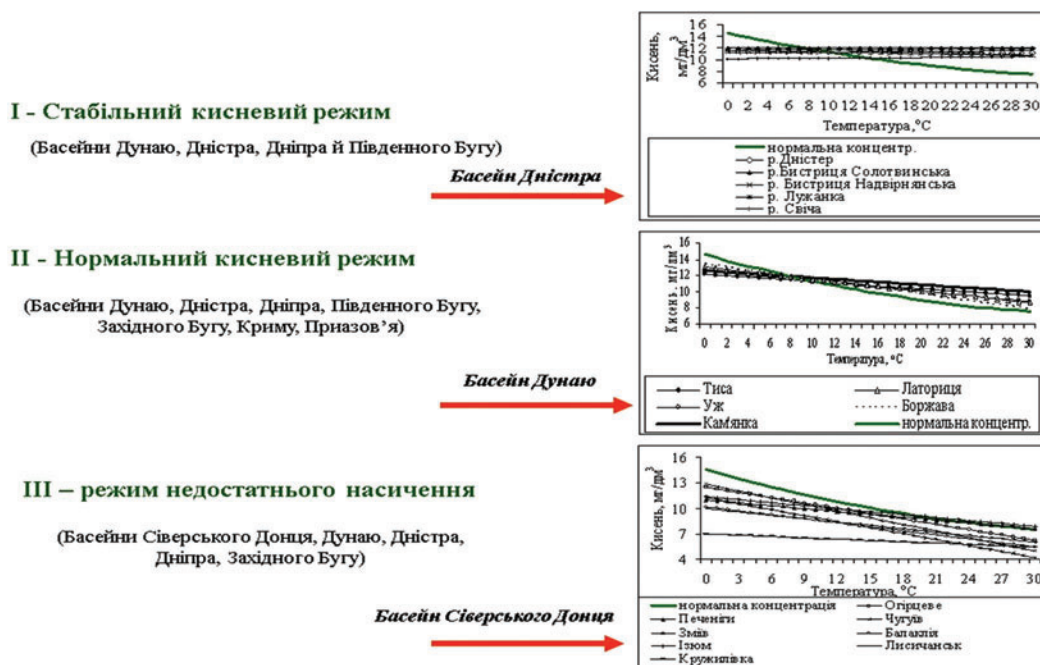
ві ідентифікації законів статистичних розподілів концентрацій окремих компонентів та методику визначення ймовірності перевищення ГДК окремих компонентів. Виконано районування поверхневих вод України за основними показниками хімічного складу та за ймовірністю перевищення ГДК питного призначення.

Для мінералізації води виділено 6 районів, які характеризуються однорідними показниками ймовірності перевищення ГДК. В першому з них, що охоплює переважну частину території України, відзначається 99% безпека водокористування, а інші 5 районів різняться за рівнем небезпеки водокористування від > 1% до 99%. Найгірші умови спостерігаються у межах більшості річок Приазов'я, правобережних притоків р. Сіверський Донець та річок басейну Дніпра, які протікають у межах

структурно-денудаційної області Донецького кряжу, складеного галогенними й сульфатними відкладами в області залягання потужних шарів кам'яної солі. Води вказаних об'єктів протягом усього року практично повністю (на 81–99%) небезпечні для питного користування.

Вперше виконано районування вод за вмістом сполук азоту. Виходячи з особливостей та ступеню впливу різноманітних чинників для розподілу сполук азоту у воді було виділено 6 районів з різною ймовірністю перевищення ГДК (від 0,3 і менше і до 0,75 та більше). Екологічна безпека водокористування за нітрогеном амонійним відзначається на близько 30% території.

Розроблено методологію та виконано типологію поверхневих вод України за кисневим режимом. Виділено три типи режиму розчиненого у воді кисню:



Типи кисневого режиму поверхневих вод

стабільний, нормальний та режим недостатнього насичення.

Перший з них характеризується відсутністю залежності вмісту кисню від температури води і спостерігається у окремих річках 4-х річкових басейнів: Дунаю, Дністра, Дніпра й Південного Бугу

За умови нормального кисневого режиму емпіричні криві залежності кисню від температури води повторюють хід теоретичної кривої нормальної концентрації кисню. У холодний період року відзначається недостатнє насичення води киснем, а у теплий період у переважній більшості річок вона дещо перенасичена O_2 .

Режим недостатнього насичення характеризується нестачею кисню протягом усього року, а емпірична крива розміщена нижче кривої нормальної розчинності кисню у всьому діапазоні варіабельності температур води. Вказаний режим відзначається на окремих ділянках у всіх основних річкових басейнах України, а у басейні Сіверського Донця це єдиний тип кисневого режиму річок.

Найбільш несприятливі кисневі умови у басейнах річок Прип'яті і Десни, Київського та Канівського водосховищ обумовлені природними факторами і спостерігаються у зимовий період. При сполученні низьких температур повітря (швидке настання льодоставу), наявності у воді розчинених органічних гумусової природи, амонійних форм нітрогену й заліза формується різке (до 0,3 мг/добу) зниження вмісту кисню у воді.

Досліджено вплив природних чинників на формування хімічного складу поверхневих вод. Показано, що концентрація домінуючих іонів та мінералізація тісно пов'язані з величиною водного стоку. У річках гумідної зони відзначається обернена залежність між зазначеними показниками. Вона має декілька гілок, що визначається переважаючим

типом живлення річки у даний період. Натомість, у зоні недостатнього зволоження встановлена пряма залежність між витратами води та її мінералізацією і вмістом домінуючих іонів. Як у внутрішньорічному, так і в багаторічному аспектах характерне формування згладженого іонно-сольового режиму з незначним коливанням вмісту розчинених солей на фоні істотних змін водного стоку.

Вміст розчиненого кисню в річкових водах залежить від таких чинників, як температура води, тривалість і особливості формування льодоставу, діяльність живих організмів тощо, які визначаються насамперед кліматичними умовами. Для багатьох річок отримано пряму лінійну залежність насичення води річок киснем від чисельності фітопланктону, яка характеризується високим коефіцієнтом кореляції. Значний вплив на вміст кисню чинить також наявність органічних речовин, заліза та амонійного азоту, що найбільше проявляється у період недостатнього розвитку фітопланктону.

Надходження біогенних елементів (мінеральних сполук азоту й фосфору) у поверхневій воді значною мірою визначається їхнім зливом з поверхні басейну у результаті контакту атмосферних опадів з ґрунтами. Трансформація неорганічних форм азоту від — амонійної до нітратної — значною мірою залежить від наявності у воді достатньої кількості розчиненого кисню.

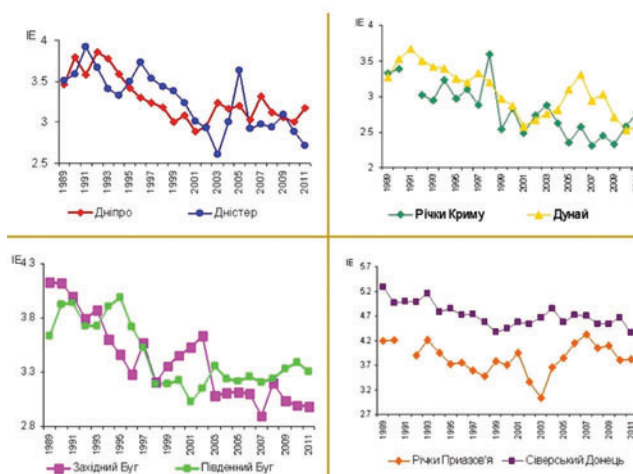
У формуванні стоку органічних речовин основну роль відіграють загальні умови утворення природних ландшафтів водозбору. У річному циклі режим органічних речовин тісно пов'язаний з водністю.

Величина водного показника річкових вод відмінна від рівноважної і тісно пов'язана з розвитком фітопланктону. Дослідження впливу господарської діяльності людини показало, що спад промислового виробництва на початку 1990-х призвів до значного покращення екологічного стану вод у межах різних річкових басейнів. Найменше зміни торкнулися річок басейнів Сіверського Дінця та Приазов'я

Встановлено, що вплив стічних вод проявляється локально, а його ступінь визначається кратністю їхнього розведення природним стоком. Виявлено тісну лінійну залежність між концентраціями сульфатних іонів, R_{min} , N_{min} , та органічними речовинами у різних річкових басейнах України з об'ємами відведення стічних вод.

Вплив урбанізації на хімічний склад поверхневих вод стосується переважно мінеральних сполук азоту й фосфору, які є продуктами життєдіяльності людини, а також органічних речовини різного компонентного складу.

Співробітники ВГ взяли участь у розробленні методики оцінки та пріоритетизації джерел забруднення



Динаміка інтегрального екологічного індексу якості води

водних об'єктів, а результати виконаної роботи для басейну Дніпра представлені у монографії "Методика ідентифікації, оцінки та пріоритетизації джерел забруднення водних об'єктів ("гарячих точок") у басейні річки Дніпро", 2004 р.

Результати багаторічних досліджень впливу природних і антропогенних чинників формування хімічного складу поверхневих вод узагальнені у підручнику Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. "Основи гіdroхімії", 2012 р.

У ВГ розроблено методологічні основи та вперше в Україні виконано масштабне комплексне дослідження гумусових речовин (ГР), яке розкрило загальні закономірності їхнього надходження, міграції та трансформації у поверхневих водних об'єктах України. Отримані результати дозволили встановити чинники і процеси, які впливають на надходження, розподіл і трансформацію ГР у системі "грунти — поверхневі води — донні відклади", охарактеризувати емісійний потік ГР з водозбірної території та встановити кількісні характеристики їхнього перерозподілу у русловій частині. Вперше отримано дані щодо просторово-часового розподілу ГР в поверхневих водах України та показано, що він значною мірою відповідає закону широтної зональності і тісно пов'язаний з зонально-генетичними особливостями гумусоутворення.

Граничні умови розподілу ГР у поверхневих водах залежать від фізико-географічного розташування річкових басейнів, що визначає запаси гумусу в ґрунтах та його фракційно-груповий склад, сезонні коливання вмісту ГР визначаються зміною водності річок.

Встановлено граничні межі розчинності ГР ґрунтового комплексу. Експериментально показано, що основну частку ГР, які мігрують з поверхневими водами, становить фракція фульвокислот (ФК), а масова частка розчинних гумінових кислот (ГК) не перевищує 2,2% за найбільш типових для поверхневих вод України умов. Найбільшу здатність до розчинення виявляють гідрофільні фракції ГР ґрунтів з найменшою молекулярною масою (ММ), які внаслідок контакту з атмосферними опадами переходять у фазу розчину і транспортуються у русла річок. У складі ГК та ФК річок переважають їхні найбільш тонкодисперсні фракції.

Досліджено кількісні характеристики виносу ГР з поверхні водозбору та показано, що стік ГР прямо пов'язаний з водністю річки, а його внутрірічковий розподіл притаманний максимум під час водопілля. Домінуюча частка ГР надходить у руслову частину з водами латерального стоку. З водами верхнього Дніпра, річок Десна та Прип'ять формується 92% стоку ГК і 95% стоку ФК Дніпра у за-



микальному створі. Найбільшим є внесок Прип'яті, який сягає ~50%.

Результати досліджень міграції ГР стали науковою базою для прийняття управлінських рішень у період кризової ситуації стосовно якості питної води у басейні Дніпра.

Фундаментальна складова досліджень ВГ спрямована на вивчення фізико-хімічних процесів трансформації речовин у різноманітних ланках гідро-екосистем.

Серед наукових концепцій найважливішу роль мала ідея застосування термодинамічного моделювання для дослідження процесів формування та прогнозування трансформації хімічного складу природних вод, яка була реалізована у вигляді закінченої комп'ютерної моделі — програмно-моделюючого комплексу TETRA. Термодинамічна модель пристосована до умов поверхневих вод України та враховує домінуючі у їхньому складі ліганди — ГК і ФК.

Виконано цикл робіт, який дозволив обґрунтувати теоретико-методологічні засади міграції важких металів у водних екосистемах. На основі чисельних експериментальних досліджень та результатів термодинамічних розрахунків досліджено основні форми міграції Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Ni, Co, Cd та встановлено чинники, що визначають їхню трансформацію у поверхневих водах України. Шляхом вивчення вертикального забруднення донних відкладів було реконструйовано темпи та рівні техногенного навантаження водосховищ дніпровського каскаду різноманітними хімічними речовинами.

Отримано переконливі докази того, що за фізико-хімічних умов водного середовища, характерних для більшої частини річкових і озерних екосистем України, розчинені у воді важкі метали перебувають у термодинамічно нестійкому стані. Це призводить до переходу значної кількості металів у завислу форму міграції й подальшого депонування у донні відклади. Напрямок перерозподілу й трансформації більшої частини важких металів відбувається згори — донизу.

Основними процесами, що визначають зменшення міграційних характеристик металів, є сорбція на глинистих мінералах та гідроксидах металів, співосадження (під час зсуву рівноважного стану карбонатно-кальцієвої системи в у бік утворення $\text{CaCO}_{3\text{ТВ}}$), біологічне споживання вищою водною рослинністю й фітопланктоном. Стосовно ГР максимальну сорбційну ємність мають оксиди і гідроксиди Fe і Al. Внаслідок прояву гідрофобних властивостей і спорідненості до твердих матеріалів найбільшу здатність до адсорбції виявляють ГК. Для міжфазової трансформації ГР значну роль відіграє також агрегація, а у донні відклади депонуються фракції з найбільшою ММ. Внаслідок цього у донних відкладах водойм спостерігається обернене співвідношення ГК і ФК порівняно з ґрунтовим комплексом річкових басейнів. У каскаді дніпровських водосховищ донні відклади Київського водосховища характеризуються максимальними концентраціями ГР, а водосховище відіграє у каскаді бар'єрну функцію.

Виявлена залежність між каламутністю води річок і кількістю завислих форм металів і ГР. Відзначено збільшення концентрацій зазначених показників зі зменшенням розміру часток донних відкладів у напрямку: пісок < пісок замулений < мул піщаний < мул глинистий, а також із збільшенням процентного вмісту органічних речовин.

Утворення комплексних сполук елементів підвищує їхню міграційну здатність у воді. Домінуючим лігандом у складі комплексних сполук є ФК. Термодинамічні розрахунки співіснуючих форм ГК і ФК у поверхневих водах показали, що за умов $6 < \text{pH} < 8$ частка вільних фульват-іонів є високою і становить 13–15%.

Ступінь закомплексованості металів та кількість комплексних сполук зростає із збільшенням рН води та підвищенням вмісту ліганду. Виконано систематизацію ВМ в залежності від концентрацій мінеральних і органічних комплексують речовин. Fe і Cu практично повністю перебувають у закомплексованому стані та утворюють стійкі комплексні сполуки з ФК. Інші метали в порядку зменшення відносного вмісту комплексних сполук із ФК роз-

ташовуються в наступній послідовності: Pb, Ni, Zn, Co, Cd, Mn. Для Mn переважною формою міграції (80–90%) є іонна форма.

На прикладі заліза досліджені основні фізико-хімічні параметри, що лімітують кількість його розчинених форм у водному середовищі. Встановлено, що концентрація у воді ФК та величина рН є основними параметрами, що визначають форму міграції та кількість розчиненого заліза, здатного утримуватись у водному середовищі.

Отримані термодинамічні розрахунки підтверджені результатами лабораторних експериментів і даними натурних досліджень на Канівському водосховищі та р. Десні. Високий вміст феруму ($> 1 \text{ мг/дм}^3$) пригнічує утворення комплексних сполук інших металів.

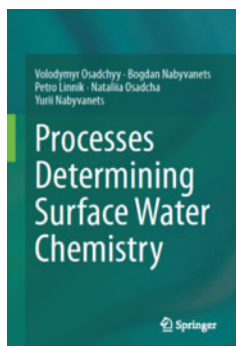
Вивчено вторинне забруднення води з донних відкладів за рахунок молекулярної дифузії та встановлено, що така ймовірність існує лише для мангану. В локальних зонах активного мулонакопичення дифузний потік мангану може досягати $221\text{--}229 \text{ мг/дм}^2$ за добу. Надходження інших металів буде незначимим. Донні відклади переважно слугують "депо" виведених із розчину речовин

Отримані результати дозволили дійти висновку, що каскад дніпровських водосховищ відіграє важливу екосистемну роль як потужний біогеохімічний бар'єр, який сприяє виведенню забруднюючих речовин із фази водного розчину.

На підставі багаторічного дослідження показано, що фізико-географічне розташування річкових басейнів, їхні кліматичні та геоморфологічні особливості, гідрологічний режим річок разом з гідробіологічними особливостями та рівнем залягання ґрунтових вод — головні природні фактори, що прямо або опосередковано впливають на формування хімічного складу поверхневих вод України та задають умови перебігу окремих фізико-хімічних процесів. Кількісно доведено, що поверхневі води України мають потужну буферну ємність та властивості до самоочищення. Не зважаючи на значне техногенне навантаження, більшість річок, озер та водосховищ України до теперішнього часу не втратили здатності до самоочищення.

Результати багаторічних фундаментальних досліджень були узагальнені у вітчизняних та зарубіжних виданнях.

Виконано цикл досліджень із встановлення особливостей хімічного складу та закономірностей формування якості води водойм-охолоджувачів великих енергетичних об'єктів. В умовах високого теплового навантаження основного значення у формуванні складу головних іонів у воді водойми-охолоджувача набувають 2 основні процеси: випаро-



увального концентрування, який сприяє збільшенню концентрацій добре розчинних хлоридних та сульфатних солей натрію і калію, та зрушення рівноважного стану карбонатно-кальцієвої системи у бік утворення важкорозчинних сполук карбонату кальцію (CaCO_3 (тв. фаза)) і виведення їх із фази розчину. Цей процес пов'язаний з інтенсифікацією гідробіологічних процесів і наступним підвищенням величини рН. В результаті в системах охолодження енергоблоків розвивається процес накипоутворення і зменшується ефективність їхньої роботи.

Розроблено прогноз щодо можливої трансформації хімічного складу води головних іонів та зазначено, що за умови співвідношення $m_{\text{Ca}^{2+}} > m_{\text{SO}_4^{2-}}$ вміст кальцію у воді не зможе перевищити 4,15 мг-екв/дм³. За подальшого концентрування, коли $m_{\text{SO}_4^{2-}} > m_{\text{Ca}^{2+}}$, кальцій узагалі буде виведений із системи, а у воді відбуватиметься накопичення сульфатних іонів і магнію, а також відбудеться зміна її типу. Розроблені теоретичні засади підвищення ККД енергоблоків за рахунок зменшення карбонатування у системах охолодження парогенераторних установок.

На прикладі водойми-охолоджувача Запорізької АЕС вирішено важливе прикладне завдання із визначення причин підвищеного рівня забруднення сполуками міді та розроблено заходи із його мінімізації та попередження забруднення Каховського водосховища.

З 2014 р. у ВГ впроваджується напрямок моделювання компонентного складу поверхневих водних об'єктів.

Для оцінки та прогнозування навантаження вод біогенними елементами налаштована та відкалібрована модель SWAT (Soil and Water Assessment Tool).

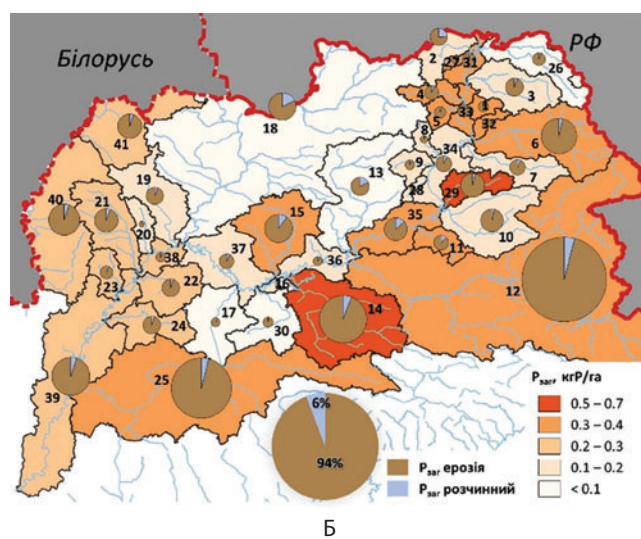
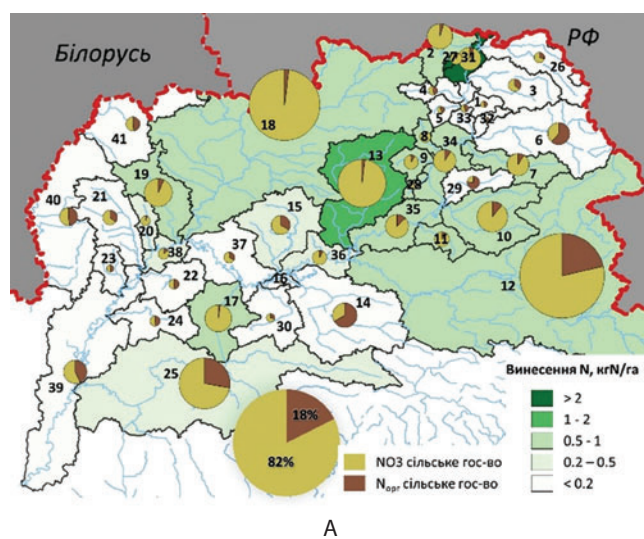
Модель SWAT відноситься до групи детермінованих моделей з розподіленими параметрами, які описують окремі процеси формування водного стоку і емісії речовин з водозбірної території у річкову мережу. Вдалі розрахункові алгоритми дозволили цій моделі стати світовим лідером і до цього часу міцно утримувати першість у питанні прогнозування забруднення вод у межах сільськогосподарських водозборів.

Результати моделювання показали, що основним шляхом надходження сполук нітрогену та фосфору є дифузні джерела, серед яких найбільший вплив на забруднення вод чинять сільськогосподарські угіддя. Встановлено, що домінуюча частка азоту, а саме 82%, надходить у формі добре розчинних нітратних сполук. Відмінною особливістю фосфору є те, що він практично повністю транспортується у складі ерозійних часток.

Застосування моделі SWAT дозволило виконувати імітаційне моделювання впливу землекористування, внесення добрив, використання різних сільськогосподарських практик на формування емісії нітрогену і фосфору та розробляти методи попередження забруднення водних об'єктів.

У ВГ також впроваджується напівемпірична концептуальна модель MONERIS, яка широко використовується в країнах ЄС для прогнозування забруднення вод біогенними елементами, металами та пестицидами.

У 2021 р. розпочато роботи з дослідження впливу кліматичних змін на водний стік та забруднення поверхневих водних об'єктів. Зміни кліматичних параметрів на період до 2100 р. встановлені на підставі ансамблю з восьми регіональних кліматичних моделей (PKM) циркуляції атмосфери й



Результати моделювання навантаження: А — сполуками нітрогену, Б — сполуками фосфору у басейні р. Десни



океанів (МЗЦАО) проєкту Euro-CORDEX. Перевагою вказаних моделей є їхня висока роздільна здатність (~12 км), також ці моделі були відкориговані для параметрів опадів та температури повітря.

Прогностичні характеристики розглядали для 2-х сценаріїв викидів парникових газів (Representative Concentration Pathway, RCP), а саме сценарію RCP4.5, який передбачає впровадження коригуючих заходів для мінімізації викидів, та сценарію RCP8.5, за якого високи викиди будуть продовжуватись.

Для прогнозування змін водного стоку та запасу вологи ґрунту в умовах змін клімату до 2050 р. була використана модель SWAT. Зокрема, для українською частини басейну р. Десни очікується збільшення витрати води відносно 1991–2020 рр. на 8% та 4% відповідно за сценарію RCP4.5 та сценарію RCP8.5 Половина моделей прогнозує зменшення запасу вологи ґрунту влітку на 10–20% за обох сценаріїв RCP.

Розроблено аналітичну вебсистему відображення метеорологічних параметрів в умовах кліматичних змін за різних сценаріїв викидів парникових газів у розрізі усієї України, окремих областей, районів, територіальних громад та річкових басейнів.

Система дозволяє здійснювати вибір періоду спостереження, пори роки та сценаріїв викидів парникових газів; панель шарів, відображення графіку кліматичної проєкції. Для візуалізації на панелі шарів можна обрати майбутній або історичний

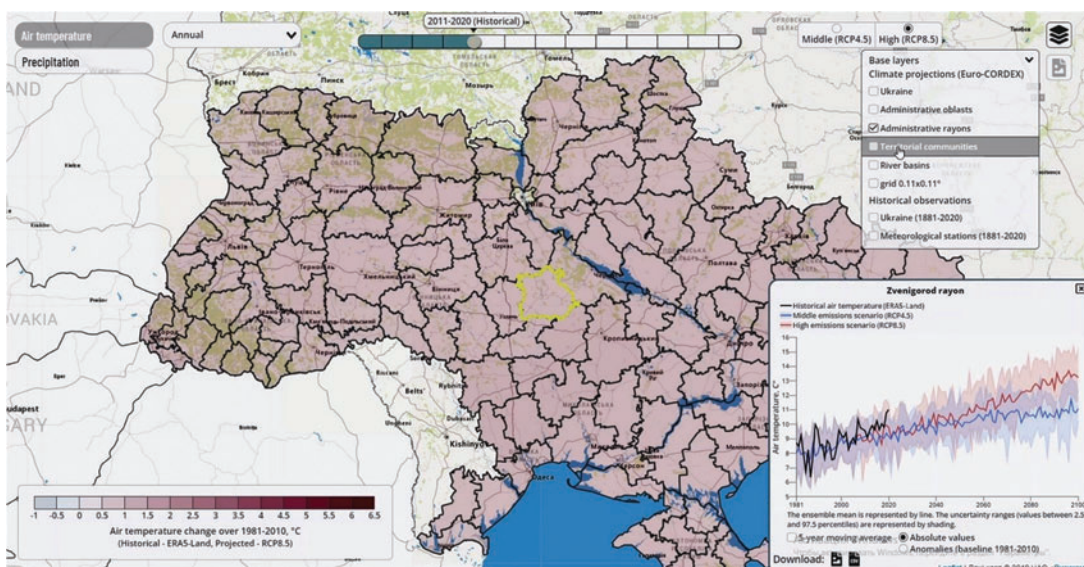
період. Для майбутнього періоду наразі є проєкції середньої температури повітря та опадів, що усереднено для України, адміністративних одиниць та річкових басейнів, для історичного періоду (1881–2020) — температура повітря для 174 станцій у межах України та середнє з 155 станцій, що не мають пропусків за весь період спостережень.

Функціонал інтерфейсу дозволяє зберігати мапу у форматі jpg та графік у форматі jpg або csv. На графіку доступні опції згладжування та візуалізації абсолютних значень або аномалій кліматичних проєкцій. Для оцінки реалістичності ходу кліматичної проєкції використано дані кліматичного реаналізу ERA5-Land.

Розробляється система візуалізації впливу кліматичних змін на водний стік, що буде базуватися на результатах моделювання SWAT. Систему також можна буде доповнити іншими метеорологічними параметрами: швидкість вітру, сонячна радіація, відносна вологість тощо. На підставі огляду кліматичних досліджень у світі зроблено висновок, що кліматичні зміни впливають на водний та термічний режим поверхневих водних об'єктів, а зміна елементів водного балансу призводить до трансформації хімічного складу води. Проведено аналіз та оцінено вплив кліматичних змін на хімічний склад води у басейні р. Прип'ять.

На парламентських слуханнях у Верховній раді України зроблено доповідь про сучасний стан та прогноз зміни клімату України: "Реалізація в Україні міжнародних документів щодо запобігання антропогенним змінам клімату".

З 2009 р. ВГ активно долучився до робіт з впровадження міжнародних принципів управління вод-



Інтерфейс вебсистеми "Клімат минулого та майбутнього"

ними ресурсами. Розпочато роботи з розроблення методологічних основ для адаптації системи управління водними ресурсами до міжнародних стандартів та вимог Водної Рамкової Директиви ЄС.

Співробітниками ВГ узагальнено основні концептуальні підходи для оцінки якості води та існуючі методики її нормування і класифікації за різними показниками. Проведено порівняльний аналіз санітарно-гігієнічного та екологічного принципів нормування та обговорено переваги й недоліки зазначених підходів. У якості базового критерію для екологічного нормування за фізико-хімічними показниками запропоновано використання ступеню відхилення від фонових концентрацій. Розглянуто принципи побудови класифікацій стану водних об'єктів.

Здійснено адаптацію європейської методології оцінки антропогенного навантаження на водні ресурси та розроблено методологію оцінки ризиків недосягнення "доброго" екологічного стану від дифузних джерел. У якості основного індикатора запропоновано використовувати значення балансу нітрогену у ґрунтових екосистемах.

Розроблено методику розрахунку зазначеного балансу та визначено мінімальну роздільну здатність просторового розподілу зазначеного параметру. Виконано розрахунок балансу нітрогену у ґрунтах за 2018 і 2020 рр. Показано, що ризик забруднення вод від дифузних джерел виникає за умови перевищення балансу нітрогену 35 кг/га.

На основі експериментальних даних та оцінки педотрансферних функцій розроблено мапу коефіцієнтів фільтрації (КФ) нижнього та верхнього шарів ґрунтів України, що дозволяє враховувати вплив фільтраційних властивостей ґрунтів на формування компонентів водного стоку.

Розроблено методику виділення зон, вразливих до накопичення нітратних сполук.

Співробітниками ВГ розроблено теоретичні основи встановлення фонових концентрацій гідрохімічних компонентів, що визначають стан екосистеми: рН, мінералізація води, БСК₅, ХСК, ПО, N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻, P-PO₄³⁻, а також характерних для окремих басейнів речовин Fe, Mn, Cu, Zn, Cr. Серед різних методологій визначення фонових концентрацій були запропоновані наступні: моніторинг у фонових регіонах, ретроспективний аналіз, статистичний аналіз, моделювання, ймовірнісний метод, ансамблевий підхід.

Напрацьовано засади ретроспективного аналізу рядів гідрохімічних даних з урахуванням водності, метод та покроковий алгоритм ймовірнісно-статистичного розділення концентрації досліджуваних показників на природну та антропогенну складову.

Для побудови типоспецифічних класифікацій для визначення екологічного стану масивів поверхневих вод запропоновано методику квантування чисельних рядів концентрацій окремих елементів з використанням стохастичного моделювання, що дозволяє проводити розрахунки незалежно від циклів водності та антропогенного навантаження.

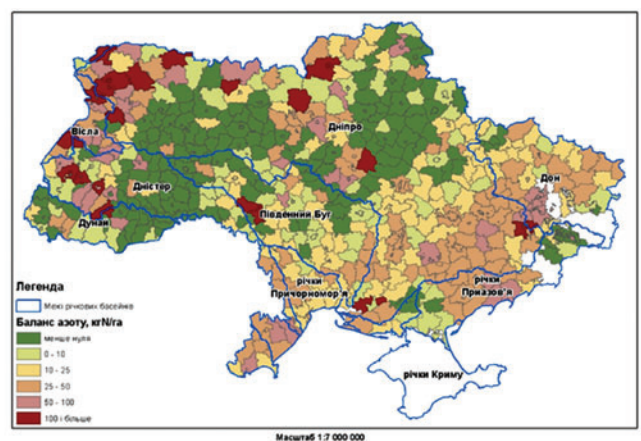
Виконано розрахунки фонових концентрацій окремих параметрів хімічного складу води у межах різних річкових басейнів України.

З 2021 р. співробітники ВГ долучилися до виконання завдань державного моніторингу вод та проведення практичних оцінок екологічного стану вод у басейнах Сіверського Дінця, Дністра, Дунаю, у межах яких проводять практичну перевірку визначених фонових концентрацій

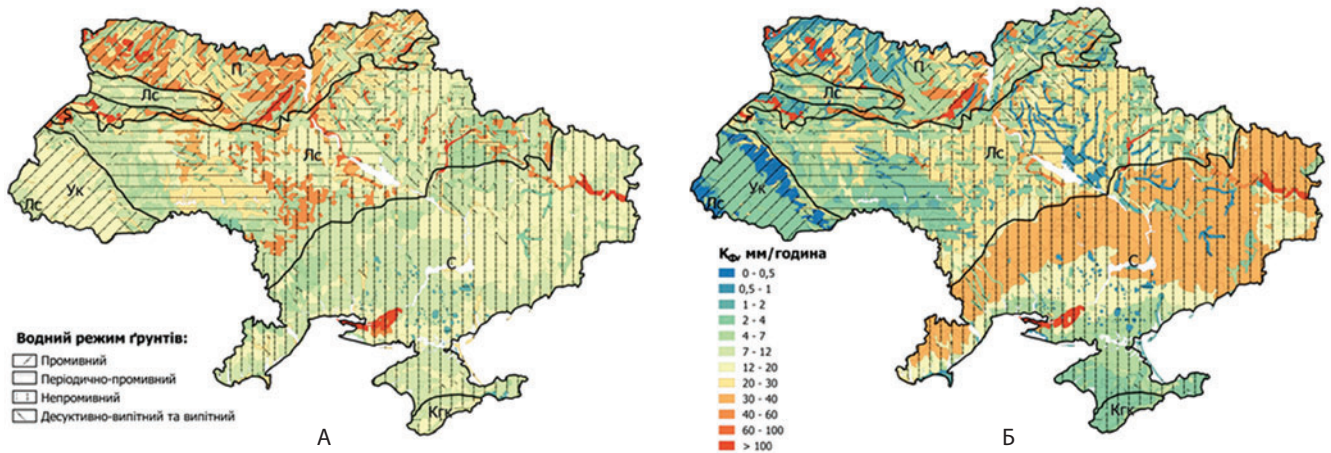
На малих стокових ділянках, облаштованих на Богуславській експериментальній базі УкрГМІ, виконано багаторічний цикл досліджень, які дозволили розкрити закономірності вимивання сполук азоту і фосфору, гумусових речовин та важких металів з водозбірної території та визначити кількісні параметри їхнього надходження у річкову мережу. Встановлено, що нітроген у річкову мережу переважно надходить у вигляді добре розчинної нітратної форми, а фосфор — у складі твердих частинок. Гумусові речовини та важкі метали вимиваються у вигляді



Методика розрахунку балансу нітрогену у ґрунтах



Баланс нітрогену у ґрунтових екосистемах станом на 2018 р.



Коефіцієнти фільтрації А — верхнього шару (А0, А1) та Б — нижнього шару (А2, В, С) ґрунтів України відповідно до зон агроґрунтового районування України (П — Південно-західна частина зони мішаних лісів, Українське Полісся (П), Лс- зона лісостепу, С — зона степу, УК — Українські Карпати, Кгк — Кримська гірська країна. Штриховкою позначено водний режим ґрунтів

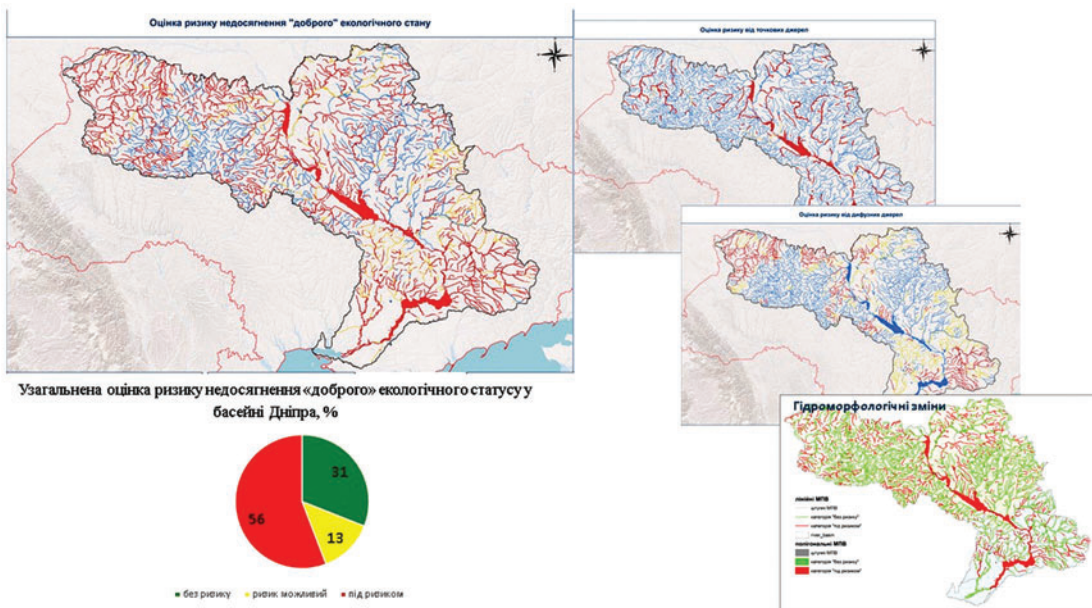
фульватних сполук. Розраховано коефіцієнти розподілу (Kd) досліджуваних елементів між твердою та рідкою фазами.

Внесення мінеральних добрив спричиняє різке зростання виносення біогенних елементів. Порівняно з природними умовами виносення N_{мін} зростає у 27 разів, фосфору у 4 рази. Змив азотних добрив з водним стоком становить близько 19%, а фосфорних — 0,2%.

На основі результатів натурних та лабораторних експериментів, даних фізико-хімічного термодинамічного та геоінформаційного моделювання, використання методів фрактальної самоодібності річкових систем, цифрового розділення стоку річок

вперше в Україні розроблена розрахункова система для аналізу та кількісної оцінки формування забруднення у межах річкових басейнів від точкових і розподілених джерел. Система дозволяє оцінити надходження забруднення у межах водозбору, проводити дослідження його основних джерел і трансформацію за довжиною річки, а також розробляти програми з мінімізації впливу й засобів управління.

Розроблена методологія була реалізована на практиці для визначення антропогенного навантаження басейнів Дніпра, Сіверського Дінця, Дністра та використана у ході підготовки Трансграничного діагностичного аналізу р. Дністер. Встановлено, що



Оцінка ризику недосягнення «доброго» екологічного статусу у басейні Дніпра

найбільший вплив на екологічний стан річок чинять міські водогосподарські комплекси та змив з сільськогосподарських територій.

Співробітники ВГ постійно беруть участь у підготовці Планів управління річкових басейнів України. Виконано та передано у відповідні басейнові управління оцінку ризиків недосягнення “доброго” екологічного стану від дифузних джерел. Підготовлено підрозділ з оцінки навантаження від дифузних джерел у басейнах Дністра і Сіверського Дінця.

Для Плану управління басейном Дніпра підготовлено розділ з опису характеристик району річкового басейну та розділ з оцінки антропогенного навантаження та виникнення ризику недосягнення “доброго” екологічного стану. Підготовлені розділи з оцінки антропогенного навантаження для кожного суббасейну Дніпра.

Для Плану управління басейном Дону підготовлено розділ 7 “Огляд виконання програм або заходів, включаючи шляхи досягнення визначених цілей” та Доповнення розділу ПУРБ щодо аналізу антропогенних впливів на якісний стан поверхневих вод від точкових джерел. Оцінка дозволів на спецводокористування підприємств.

Співробітники ВГ активно співпрацюють з центральними органами виконавчої влади. Для реалізації Плану заходів “Про виконання Угоди про асоціацію між Україною та ЄС” розроблено та передано у Міндовкілья та МінАПК наступні документи:

1. В інтересах Мінприроди для виконання завдання 1720 Постанови КМУ № 1106 від 25.10.2017 р. в інтересах Мінприроди підготовлено Методику визначення зон, уразливих до (накопичення) нітратів, затверджену Наказом Міндовкілья від 15.04.2021 № 244, зареєстрованим в Мінюсті 10.06.2021 за № 776/36398. Методика буде використана для визначення зон, уразливих до забруднення нітратів у ході імплементації Нітратної директиви ЄС.

2. В інтересах Мінприроди для виконання завдання 1721 Постанови КМУ № 1106 від 25.10.2017 р. щодо проведення оцінки вразливості підземних і поверхневих вод до забруднення нітратами із сільськогосподарських джерел виконано аналіз зон, чутливих до забруднення нітратами та підготовлено перелік чутливих зон у поверхневих і підземних водах. Встановлено відповідність критеріальній базі та підготовлено перелік точок моніторингу поверхневих вод у системі гідрометеорологічної діяльності ДСНС та Держводагенства, за якими буде виділятися чутлива зона. Підготовлено перелік точок моніторингу підземних вод у системі Держгеонадра, за якими буде виділятися чутлива зона.

3. В інтересах МінАПК для виконання завдання 1721 Постанови КМУ № 1106 від 25.10.2017 р.

щодо проведення оцінки вразливості підземних і поверхневих вод до забруднення нітратами із сільськогосподарських джерел розроблено проєкт Кодексу кращих сільськогосподарських практик. Вказаний кодекс є одним із основних інструментів впровадження Нітратної директиви і направлений на зменшення забруднення нітратними сполуками від дифузних джерел.

4. В інтересах Мінприроди для виконання завдання 1721 Постанови КМУ № 1106 від 25.10.2017 р. щодо проведення оцінки вразливості підземних і поверхневих вод до забруднення нітратами із сільськогосподарських джерел розроблено План заходів щодо поетапного зменшення рівня забруднення поверхневих та підземних вод нітратами із сільськогосподарських джерел.

Для реалізації Плану заходів “Про виконання Угоди про асоціацію між Україною та ЄС” підготовлено аналітична записка щодо впровадження Директиви Ради 91/676/ЄС від 21 грудня 1991 року про захист вод від забруднення, спричиненого нітратами із сільськогосподарських джерел, а також розроблена інфографіка про небезпеку забруднення вод нітратними сполуками та “цвітіння” води.

Співробітники ВГ активно співпрацюють з офісом реформ при Міндовкільлі, входять до Робочої групи водного сектору Міндовкільля, Робочої групи з питань моніторингу при Держводагенстві.

Співробітники відділу беруть активну участь у роботі міжнародних комісій, входять до складу робочих та експертних груп міжнародних організацій:

1. Міждержавна комісія із змін клімату, IPCC (ООН, ВМО) — Осадчий В.І. виконує функції контактної особи від України.

2. Міжнародна гідрологічна програма (UNESCO, WMO) — Осадчий В.І. виконує функції контактної особи від України.

3. Міжнародна комісія з захисту річки Дунай (МКЗД):

- експертна група з питань оцінки забруднення і розроблення заходів, обов’язки офіційного експерта України виконує Осадча Н.М.;
- цільова група щодо біогенного забруднення, Осадча Н.М. є офіційним експертом України.

4. Проєкт Водної ініціативи Європейського Союзу для країн Східного партнерства (EUWI+) номінував Осадчу Н.М. номінована національним координатором з питань моніторингу поверхневих вод.

5. Відділ гідрохімії від імені УкрГМІ виконує роль асоційованого стратегічного партнера EU проєкту Sediment-quality Information, Monitoring and Assessment System to support transnational cooperation for joint Danube Basin water management (SIMONA), при-

свяченого розробці системи інформації, моніторингу та оцінки якості донних відкладів для підтримки транснаціонального співробітництва для спільного управління водними ресурсами басейну Дунаю.

6. Відділ гідрохімії від імені УкрГМІ виконує роль асоційованого стратегічного партнера ЕУ проєкту “Tackling hazardous substances pollution in the Danube River Basin by Measuring, Modelling-based Management and Capacity building (Danube Hazard m3c)”, присвяченого оцінці забруднення поверхневих вод небезпечними хімічними речовинами.

Співробітники ВГ постійно беруть участь у міжнародному науковому співробітництві і мають великий досвід виконання міжнародних науководослідних проєктів:

1. “Selection and analysis of trace metals and organic pollutants content in sediments of Dnipro reservoirs cascade”, International Development Research Center (IDRC, Canada), 1997–1998 рр. Результатом роботи стало визначення забруднення донних відкладів дніпровських водосховищ.

2. Modelling of pollutant transformation on fresh surface water, INTAS, 1998 р. Результатом роботи стали методологія та реалізація моделювання трансформації важких металів у поверхневих водах.

3. “Working out and implementation of computer information — analytical system “Chemical composition and quality of the Ukraine surface water”, International Development Research Center (IDRC, Canada), 1999–2000 рр. Була розроблена інформаційно-аналітична система, націлена на аналіз гідрохімічної інформації.

4. UNDP-GEF Dnipro Basin Environment Program, 2001–2002 рр. Був створений Регіональний Центр Інформаційного Менеджменту, який забезпечував інформаційну підтримку Dnipro Basin Environment Program. Були розроблені основні засади менеджменту інформаційних потоків гідрохімічних даних.

5. UNDP-GEF Dnipro Basin Environment Program, 2002–2003 рр. Роботи були спрямовані на створення он-лайн інформаційної системи Ecological Dnipro Basin Database, а також визначення та оцінки “Гарячих” точок.

6. EU ETI, France project “Enhanced support to the Ukrainian Authorities responsible for implementation of the Danube and Ramsar”, 2010–2012. Результатом роботи було підготовка матеріалів щодо забруднення р. Дунай в межах України.

7. “Management of Transboundary Rivers between Ukraine, Russia and the EU — Identification of Science-Based Goals and Fostering Trilateral Dialogue and Cooperation” (Управління транскордонними річковими басейнами між Україною, Росією та ЄС — ідентифікація наукових цілей та сприяння трьохсторонньому

діалогу та співробітництву). На виконання проєкту було укладено договір з Технічним університетом Дрездена (Німеччина) згідно з грантом, наданим фондом “Фольксваген”. Підготовлено загальну характеристику трансграничних басейнів річок Десна та Західний Буг, проведено оцінку основних типів забруднення вод вказаних басейнів, а також виконано моделювання зміни стоку р. Десни відповідно до різних кліматичних проєкцій.

8. “Impacts of global climate changes on water resources in Ukraine estimated by variability of river discharges and hydrograph components (“Вплив глобальних змін клімату на водні ресурси України на основі оцінки мінливості водного стоку та компонентів гідрографа”) у рамках спільної угоди між Українською АН та Словацькою АН, 2017–2019 рр. У рамках проєкту виконано спільний експеримент на р. Богуславка з метою розділення гідрографа стоку за ізотопними маркерами та хімічними трайсерами.

9. “Підтримка України в апроксимації законодавства ЄС у сфері навколишнього середовища” APENA. 2017–2019 рр. В рамках цього проєкту здійснювалось наукове та науково-практичне керівництво впровадження Нітратної Директиви ЄС та Водного кодексу України.

10. ОБСЄ project щодо оцінки антропогенного навантаження у басейні Сіверського Дінця, 2018 р.

11. OSCE — GEF Hydrology project “Enabling Transboundary Cooperation and Integrated Water Resources Management in the Dniester basin”, 2018 р. У рамках підготовки транс-граничного діагностичного аналізу виконана оцінка антропогенного навантаження у басейні р. Дністер на території України.

12. OSCE project щодо визначення навантаження басейну Дністра від дифузних джерел, 2020 р.

13. “Development of draft River Basin Management Plane for Dnipro River Basin in Ukraine: Phase 1, Step 1 — description of the characteristics of the river basin” (Розроблення проєкту Плану управління басейном для басейну річки Дніпро в Україні: Фаза 1, Крок 1 — характеристика річкового басейну). Проєкт виконувався за підтримки Водної ініціативи Європейського Союзу для країн Східного партнерства (проєкт EUWI+), у ході якого підготовлено загальну характеристику басейна р. Дніпро, 2018 р.

14. “Development of draft River Basin Management Plan for Dnipro River Basin in Ukraine: Phase 1, Step 2 — analysis of pressures & impact, risk assessment, environmental objectives for surface water bodies” (Розроблення проєкту Плану управління басейном для басейну річки Дніпро в Україні: Фаза 1, Крок 2 — аналіз тисків та впливів, оцінка ризиків, екологічні цілі для масивів поверхневих вод”. Цей проєкт

також виконувався за підтримки Водної ініціативи Європейського Союзу для країн Східного партнерства (проєкт EUWI+), 2019-2020 рр. Виконано аналіз антропогенного навантаження басейну р. Дніпро відповідно до європейських стандартів.

15. Проєкт MedWater (<http://grow-medwater.de/home/>). Старший науковий співробітник ВГ Осипов В.В. був залучений університетом м. Байройт (UBAY — Universität Bayreuth) (Німеччина) для налаштування та прогнозування за допомогою SWAT впливу кліматичних змін на сільське господарство в Україні, 2019 р.

16. IAEA Research Contract No: 23912 "Isotope Data Network for Precipitation and Rivers in South-Western and Central Ukraine" 2020-2022. Проведення досліджень щодо вмісту природних ізотопів у атмосферних опадах.

17. UNICEF project LRPS-2020-9161367 "Analysis of programs and activities, as addition to the anthropogenic impacts analysis", 2021. В рамках проєкту був підготовлений аналіз державних, обласних та локальних програм, а також міжнародних проєктів щодо заходів управління водними ресурсами, а також оцінено їхню ефективність. Зроблено доповнення до аналізу антропогенного навантаження щодо небезпечних речовин.

Співробітники ВГ постійно працюють над поглибленням своїх знань. Старший науковий співробітник ВГ Осипов В.В. проходив стажування з питань моделювання водного стоку у Потсдамському інституті вивчення кліматичних змін (PIK, Німеччина) під керівництвом Dr.Fred Hatterman (2018 р.) та пройшов онлайн-навчання за курсом "Introduction to Climate Risk Informed Decision Analysis (CRIDA)" від UNESCO (2020 р.). Завідувач лабораторії регіональної гідрохімії Ухань О.О. та старший науковий співробітник Лузовицька Ю.А. пройшли 2 тренінги з ізотопної гідрології (2020 р., 2021 р.).

За період існування відділу гідрохімії підготовлено та захищено 8 дисертаційних досліджень за спеціальністю 11.00.07 — гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія:

Дисертації на здобуття наукового ступеня доктора географічних наук:

- *Осадчий В.І.* Методологічні основи дослідження чинників та процесів формування хімічного складу поверхневих вод України. 2008.
- *Осадча Н.М.* Закономірності міграції гумусових речовин у поверхневих водах України. 2011.

Дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук :

- *Забокрицька М.Р.* Гідрохімічний режим та оцінка якості річкових вод басейну Західного Бугу на території України. 2005.

- *Ухань О.О.* Особливості формування хімічного складу та якості поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець. 2007.
- *Мостова Н.М.* Закономірності формування хімічного складу і якості води в умовах теплового навантаження (на прикладі водойми-охолоджувача Запорізької АЕС). 2013.
- *Лузовицька Ю.А.* Стік розчинених речовин р. Десна та розроблення методів його моделювання. 2017.
- *Осипов В.В.* Моделювання стоку сполук нітрогену та фосфору з водозборів малих річок лісової зони України (на прикладі р. Головесня). 2017.
- *Клебанов Д.О.* Стік розчинених речовин у басейні р. Дунай у межах України в сучасний період. 2018.

У даний час у відділі навчається 2 аспіранти.

Відділ гідрохімії впевнено дивиться у майбутнє і планує свій розвиток відповідно до розробленої стратегії, яка ґрунтується на основних викликах сьогодення: вплив діяльності людини та кліматичних змін на стан поверхневих вод. Метою стратегії є забезпечення високого рівня фундаментальних робіт, підвищення значимості прикладних робіт та інтеграція у міжнародний науковий простір з метою забезпечення довготермінової конкурентної спроможності.

Напрямок І. Забезпечення науково-методичного супроводу державного моніторингу вод:

1.1. Розроблення (коригування) програми державного моніторингу вод відповідно до сучасної нормативної бази:

- Рекомендації щодо мережі спостереження вод у межах основних гідрографічних одиниць з метою встановлення екологічного стану;
- Рекомендації щодо мережі спостереження вод у межах основних гідрографічних одиниць з метою дослідження впливу кліматичних змін.

1.2. Розроблення Настанови з обробки та аналізу інформації у процесі виконання державного моніторингу вод.

1.3. Встановлення фонових концентрацій показників хімічного складу, що забезпечують референційні умови біологічних показників.

1.4. Розроблення типоспецифічних класифікацій показників хімічного складу у межах основних гідрографічних одиниць.

1.5. Розроблення методології оцінки довгострокових змін, викликаних антропогенними чинниками.

1.6. Проведення оцінки довгострокових змін, викликаних антропогенними чинниками.

1.7. Науково-методичне забезпечення системи оцінки якості вимірювань на мережі ДСНС відповідно до стандарту ISO 17025.

Напрямок II. Автоматизація оброблення та візуалізації інформації про хімічний склад поверхневих вод:

2.1. Розроблення web-базованої інформаційно-аналітичної системи "Гідрохімія" з прикладними модулями оброблення та візуалізації інформації.

2.2. Розроблення цифрового депозиторію ВГ щодо первинної гідрометеорологічної інформації.

Напрямок III. Дослідження геохімічного циклу біогенних елементів (БЕ), органічних речовин (ОР) та важких металів (ВМ) у межах річкових водозборів:

3.1. Забезпечення здатності наукової лабораторії до аналітичних вимірювань свинцю, ртуті та миш'яку.

3.2. Експериментальні роботи щодо закономірностей та форм міграції ОР, БЕ, ВМ у межах річкових водозборів.

3.3. Застосування хімічних та інших трасерів для дослідження закономірностей формування стоку ОР, БЕ, ВМ у межах основних класів землекористування.

3.4. Дослідження впливу землекористування та урбанізації на геохімічний цикл ОР, БЕ, ВМ.

3.5. Дослідження процесів внутріводоємного утримання ОР, БЕ, ВМ.

3.6. Дослідження впливу донних відкладів на утримання/ремобілізацію БЕ, ОР, ВМ.

3.7. Розроблення концептуальної моделі для розрахунку емісійного потоку органічних речовин, біогенних елементів, небезпечних забруднюючих речовин і важких металів у межах річкового водозбору.

3.8. Впровадження відомих моделей для прогнозування емісійного потоку біогенних елементів, важких металів.

3.9. Дослідження окремих заходів для зменшення надходження біогенних елементів у річкову мережу.

3.10. Дослідження впливу ерозійних процесів на міграцію БЕ, ОР, ВМ.

Напрямок IV. Автоматизація проектування заходів мінімізації впливу забруднюючих речовин та прийняття управлінських рішень:

4.1. Автоматизація введення вхідної інформації у моделюючу систему прогнозування ступеню забруднення поверхневих вод сполуками азоту та фосфору.

4.2. Автоматизація системи побудови землекористування із застосуванням систем машинного навчання.

4.3. Впровадження даних по землекористуванню не більше 5–20 добової давності.

4.4. Автоматизація візуалізації вихідної інформації.

4.5. Автоматизація оцінки ймовірності евтрофікації.

Напрямок V. Дослідження геохімічного циклу небезпечних речовин (пестицидів) у межах річкового басейну:

5.1. Налагодження аналітичної бази для визначення вмісту пестицидів.

5.2. Розширення переліку визначуваних небезпечних показників до повного списку із 45 показників.

5.3. Експериментальні дослідження форм міграції пестицидів у наземних та водних екосистемах.

5.4. Експериментальні роботи щодо закономірностей міграції пестицидів у межах річкових водозборів.

5.5. Розроблення розрахункових схем для прогнозування емісійного потоку небезпечних речовин у річному та місячному розділенні.

Напрямок VI. Дослідження впливу кліматичних змін на показники хімічного складу поверхневих вод України:

6.1. Розроблення методології дослідження кліматичних змін.

6.2. Отримання кількісних характеристик впливу кліматичних змін у межах основних гідрографічних одиниць.

6.3. Впровадження кліматичних проєкцій у моделюючі комплекси.

6.4. Розроблення заходів для пом'якшення впливу кліматичних змін у межах основних гідрографічних одиниць.

6.5. Розроблення автоматизованої системи проєктування заходів для пом'якшення впливу кліматичних змін у межах основних гідрографічних одиниць.

Напрямок VII. Узагальнення особливостей геохімічного обігу компонентів хімічного складу води у межах основних гідрографічних одиниць України:

7.1. Підготовка монографій для кожного з основних річкових басейнів України та штучної системи каскаду Дніпровських водосховищ, монографії щодо басейнів Дніпра, Дністра, Дунаю, Південного Бугу, Вісли, Дону, Приазов'я та Причорномор'я.

7.2. Каскад Дніпровських водосховищ.

Напрямок VIII. Підготовка наукових кадрів:

8.1. Підготовка наукових кадрів через аспірантуру та докторантуру.

НАЙВАГОМІШІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ НАУКОВЦІВ ВІДДІЛУ ЗНАЙШЛИ ВІДОБРАЖЕННЯ В НАСТУПНИХ ПУБЛІКАЦІЯХ:

- Osadchyy V., Nabyvanets B., Linnik P., Osadcha N., Nabyvanets Yu. Processes determining surface water chemistry. Springer International Publishing Switzerland, 2016, 265 p.
- Набиванець Б.Й., Осадчий В.І., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Аналітична хімія поверхневих вод. К.: Наукова думка, 2007. 455 с.
- Осадчий В.І., Набиванець Б.Й., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Гідрохімічний довідник. Поверхневі води України. Гідрохімічні розрахунки. методи аналізу. К.: Ніка-центр, 2008. 655 с.
- Гідроекосистеми заповідних територій верхньої Прип'яті в умовах кліматичних змін / За ред. В.Д. Романенко, С.А. Афанасьєва, В.І. Осадчого. К.: Кафедра, 2013. ISBN 978-966-2705-62-1.
- Осадчий В.І., Набиванець Б.Й., Линник П.М., Набиванець Ю.Б. Процеси формування хімічного складу поверхневих вод Монографія К.: Ніка-Центр, 2014. 240 с.
- Osadchy V., Osadcha N., Nabyvanets Yu. Modelling of trace metal migration forms in water of the Dnieper reservoirs. *Ekologija* (Vilnius). 2003. 2. P. 63–67.
- Осадчий В.І., Осадча Н.М. Дослідження умов формування величини рН водних екосистем Дніпра, Дунаю, Західного Бугу. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. Вип. 252. К., 2003. С. 40–52.
- Осадчий В.І., Осадча Н.М. Кисневий режим поверхневих вод України. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. Вип. 256. К., 2007. С. 265–287.
- Осадча Н.М., Клебанова Н.С., Осадчий В.І., Набиванець Ю.Б. Адаптація системи моніторингу поверхневих вод державної гідрометеорологічної служби МНС України до положень Водної Рамкової Директиви ЄС. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. Вип. 257. К.: Ніка-центр, 2008. С. 146–161.
- Ковальчук Л.А., Осадчая Н.Н., Осадчий В.І. Вероятностно-статистическое оценивание качества поверхностных вод по категориям. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. Вип. 257. К.: Ніка-центр, 2008. С. 162–175.
- Осадча Н.М. По вплив гумінових і фульвокислот на колірність води. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. Вип. 258. К.: Ніка-центр, 2009. С. 140–148.
- Осадча Н.М., Білецька С.В., Саливон-Пескова В.Я., Литвин М.Ю. Особливості надходження гумусових речовин з поверхні водозбору. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2010. Вип. 18. С. 212–219.
- Осадча Н.М., Білецька С.В. Вертикальний розподіл гумусових речовин у донних відкладах дніпровських водосховищ. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2010. Вип. 18. С. 201–212.
- Осадча Н.М. Розчинність гумінових кислот у поверхневих водах. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2010. Вип. 3 (20). С. 95–102.
- Осадча Н.М. Полідисперсність гумусових речовин поверхневих вод басейну Дніпра. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2010. Вип. 259. С. 145–170.
- Осадча Н.М., Чернишова Л.О. Сорбція гумусових кислот завислими речовинами поверхневих вод. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2010. Вип. 4 (21). С. 105–117.
- Форми міграції гумусових речовин у поверхневих водах. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2011. Вип. 260. С. 110–124.
- Лузовицька Ю.А., Осадча Н.М., Осадчий В.І. Винос біогенних елементів із водозбору річки Десни. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2011. Вип. 261. С. 117–138.
- Osadcha N., Lutkovsky V. Simulation of humic substances diffuse runoff during a snowmelt event at the experimental plot scale. *Die Bodenkultur Journal for Land Management, Food and Environment*. 2013. V. 64, No. 3–4. ISSN 0006-5471.
- Osadcha N., Osadchyy V., Lutkovsky V., Luzovitska Yu. and Artemenko V. Experimental research and mathematical modeling of nutrients release in a small watershed. *Die Bodenkultur Journal for Land Management, Food and Environment*. 2014. V. 65, No. 3–4. P. 5–11.
- Осипов В.В., Осадчая Н.Н. Выбор имитационной компьютерной модели для анализа выноса соединений азота и фосфора и ее апробация на малом речном водосборе. *Наук. праці УкрГМІ*. 2015. Вип. 268. С. 66–72.
- Осадчая Н.Н., Клебанов Д.А. Оценка выноса биогенных элементов с водосборной площади Дуная в современный период (1989–2012 гг.), основные факторы его формирования и пути регулирования. *Наук. праці УкрГМІ*. 2015. Вип. 268. С. 58–65.
- Осадчий В.І., Ковальчук Л.А., Осадча Н.М., Скриник О.Я. Моделирование бифуркаций статистических распределений концентраций азота аммонийного в Десне. *Доповіді Національної акад. наук України*. 2016. № 9. С. 88–93.
- Yatsiuk M., Nabyvanets Y., Osadcha N. Adaptation of Water Resource Assessment in Ukraine to European Legislation. *Gospodarska Wodna. Poland*. 2016. P. 1–15.
- Осадчая Н.Н., Клебанов Д.А., Осадчий В.І., Набиванець Ю.Б. Водный сток р. Дунай и оценка состояния его нижнего участка по общей минерализации воды. "Природопользование". *Журнал Института Природопользования НАН Беларуси*. 2016. № 30. С. 1–13.
- Osadcha N., Osadchyi V., Guzienko I., Nabyvanets Y., Artemenko V. Field Experimental Studies of the Leaching of Humic Substances from the Peat Soils and Estimation of their Role in Dissolved Iron Transportation. *Forum geografic. Rumania, V. XV, Supplementary Issue* (December, 2016). P. 85–93.
- Osypov V., Osadcha N. SWAT Model Application for Simulating Nutrient Emission from Agricultural Catchment on Territory of Ukraine. Стаття. *Forum geografic. Rumania, V. XV, Supplementary Issue* (December, 2016), P. 30–39.
- Fabian Krengel, Christian Bernhofer, Sergey Chalov, Vasily Efimov, Ludmila Efimova, Liudmila Gorbachova, Michal Habel, Björn Helm, Ivan Kruhlov, Yuri Nabyvanets, Natalya Osadcha, Volodymyr Osadchyi, Thomas Pluntke, Tobias Reeh, Pavel Terskii, Daniel Karthe. Challenges for transboundary river management in Eastern Europe — three case studies. *DIE ERDE. Journal of the Geographical Society of Berlin*. 2018. Vol. 149. No. 2–3. P. 157–172.
- Osypov, V., Osadcha, N., Hlotka, D., Osadchyi, V., & Nabyvanets, J. The Desna River Daily Multi-Site Streamflow Modeling Using SWAT with Detail Snowmelt Adjustment. *Journal of Geography and Geology, Canada*. 2018. 10 (3). P. 92–110.
- Volodymyr Osadchyi, Olesya Skrynyk, Roman Radchenko, Oleg Skrynyk Homogenization of Ukrainian air temperature data. *International Journal of Climatology*. 2017. № 38. P. 497–

505. https://www.researchgate.net/publication/318321995_Homogenization_of_Ukrainian_air_temperature_data
31. Осадчий В.І., Скриник О.Я., Ошурок Д.А., Скриник О.А. Ветровые ресурсы Тернопольской области. *Геоінформатика*. 2017. 64. С. 50–62.
 32. Осадчий В.І. Ресурси та якість поверхневих вод України в умовах антропогенного навантаження та кліматичних змін. *Вісник Національної академії наук України*. 2017. № 8. С. 29–46.
 33. Liubov Vishnikina, Viktor Samoilenko, Ivan Dibrova, Volodymyr Osadchyi. Procedure of Landscape Anthropization Extent Modeling: Implementation for Ukrainian Physic-Geographic Taxons. *Environmental Research, Engineering and Management*. 2018. Vol. 74 (2). P. 67–81. <http://www.irem.ktu.lt/index.php/irem/article/view/20646>
 34. Osypov, V., Osadcha, N., Hlotka, D., Osadchyi, V., & Nabyvants, J. The Desna River Daily Multi-Site Streamflow Modeling Using SWAT with Detail Snowmelt Adjustment. *Journal of Geography and Geology*. 2018. 10 (3). P. 92–110.
 35. Осадча Н.М., Ухань О.О., Чехній В.М., Голубцов О.Г. Оцінка емісії біогенних елементів та органічних речовин у поверхневі води басейну р. Сіверський Донець від дифузних джерел / Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології. Монографія. К.: Ніка-центр, 2019. С. 192–201.
 36. Осипов В.В., Спека О.С., Осадча Н.М. Модювання гідрологічних процесів басейну річки Десна засобами SWAT (Soil and Water Assessment Tool) / Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології. Монографія. К.: Ніка-центр, 2019. С. 122–132.
 37. Осадчий В.І., Осадча Н.М. Методологічні підходи щодо управління якістю поверхневих вод / Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології. Монографія. К.: Ніка-центр, 2019. С. 157–168.
 38. Лузовіцька Ю.А., Осадча Н.М., Ухань О.О., Білецька С.В. Якість води р. Десна та тенденції її зміни з початку 2000 рр. / Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології. Монографія. К.: Ніка-центр 2019. С. 201–209.
 39. Ковальчук Л.А., Осадча Н.М. Методика розділення вмісту гідрохімічних компонент на природну і антропогенну складову та визначення референційного стану / Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології. Монографія. К.: Ніка-центр, 2019. С. 247–261.
 40. Осадчий В.І., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б., Мостова Н.М. та ін. Теорія та практика досліджень хімічного складу поверхневих вод України в умовах впливу природних та антропогенних чинників / Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології. Монографія. К.: Ніка-центр, 2019. С. 313–325.
 41. Osypov, V., Speka, O., Chyhareva, A., Osadcha, N., Krakovska, S., Osadchyi, V., 2021. Water resources of the Desna river basin under future climate. *J. Water Clim. Chang.* 2021. 12. P. 3355–3372. <https://doi.org/10.2166/wcc.2021.034>.
 42. Осипов, В.В., Осадча, Н.М., Осадчий, В.І., 2021. Кліматичні зміни та водні ресурси басейну Десни до середини ХХІ століття. *Reports Natl. Acad. Sci. Ukr.* 2021. 2. С. 71–82. <https://doi.org/10.15407/dopovid2021.02.071>.
 43. Осипов, В.В., Бончковський, А.С., Орещенко, А.В., Ошурок, Д.О., Осадча, Н.М., 2021. Обчислення кількості опадів на українських метеостанціях із врахуванням впливу вітру. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія "Геологія. Географія. Екологія"*, 55.

