## Для заказа доставки данной работы воспользуйтесь поиском на сайте по ссылке: <http://www.mydisser.com/search.html>

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

# СНІЖКО СЕРГІЙ ІВАНОВИЧ

УДК 556.114:504.4+910.1

**ТЕОРІЯ І МЕТОДИ АНАЛІЗУ**

**РЕГІОНАЛЬНИХ ГІДРОХІМІЧНИХ СИСТЕМ**

**11.00.07 – гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**дисертації на здобуття наукового ступеня**

**доктора географічних наук**

## Київ – 2002

**Дисертацією є рукопис**

Робота виконана на кафедрі гідрології і гідроекології географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка

**Науковий консультант**: доктор географічних наук, професор **Пелешенко Василь Іларіонович**, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, провідний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії гідроекології та гідрохімії

**Офіційні опоненти:** доктор географічних наук, професор **Іваненко** **Олександр Григорович**,

Одеський державний екологічний університет Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри гідроекології та водних досліджень, м.Одеса

доктор географічних наук, професор **Черногаєва Галина Михайлівна**, Інститут глобального клімату та екології Росгідромету та РАН, провідний науковий співробітник, м. Москва, Росія,

доктор географічних наук, професор **Некос Володимир Юхимович,** Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, завідувач кафедри геоекології і конструктивної географії, м.Харків

|  |  |
| --- | --- |
| **Провідна установа:** | Український науково-дослідний інститут екологічних проблем Мінекоресурсів України, м.Харків |

Захист відбудеться “\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ р. о \_\_\_\_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.001.22 Київського національного університету імені Тараса Шевченка за адресою: 03022, Київ – 22, вул. Васильківська, 90, географічний факультет.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Київського національного університету імені Тараса Шевченка за адресою: 01017, м.Київ, вул. Володимирська, 64.

Автореферат розісланий “\_\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2002 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради Д 26.001.22,

кандидат географічних наук, доцент В.В.Гребінь

**ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність теми.** Розвиток суспільства на основі концепції про невичерпність та самовідновлюваність запасів прісної води (Meadows et al., 1992), призвів до значної деградації світових водних ресурсів, їх дефіциту, виснаження і погіршення якості внаслідок зростаючого забруднення ( Clarke, 1991).

Вже сьогодні саме якість водних ресурсів, а не їх кількість, є обмежуючим фактором водокористування (Тимченко, Оксіюк, 2001). В той же час, в найближчі десятиліття очікується різке зростання попиту на якісну воду (Belyaev, 1991), загострення водогосподарських проблем і переведення їх у політичну площину (Biswas, 1991).

Впровадження в життя нової концепції сталого розвитку суспільства, яка була прийнята Конференцією ООН з навколишнього середовища в Ріо-де-Жанейро (1992 р.) вимагає ефективного дослідження кількісних та якісних характеристик наявних водних ресурсів із застосуванням сучасних наукових методів, щоб врахувати зростаючі потреби населення та різних галузей господарства і завчасно провести заходи щодо запобігання “водного голоду”.

Невідкладність цього завдання обумовлює актуальність розробки нових підходів до гідрохімічних досліджень, включаючи їх теоретичні обґрунтування та практичне втілення у вигляді сучасних методик.

Сучасна гідрохімічна наука, використовуючи досягнення теоретичних і практичних досліджень, науково-технічного прогресу в апаратурно-методичній базі досягла високого рівня аналітичної ідентифікації хімічного складу природних вод, створено потужні інформаційні бази даних. Проте рівень наукового осмислення, інтерпретації цієї інформації на процесному рівні залишається ще досить низьким. Дається взнаки тенденція до описового характеру досліджень, яка об’єктивно склалася ще на етапі становлення гідрохімії як науки.

Зростання антропогенного навантаження на водні ресурси та погіршення якості води у другій половині ХХ століття спричинило розвиток прикладних напрямків гідрохімії. Проте усі зусилля вчених були направлені на вивчення наслідків антропогенного впливу на водні ресурси без системного причинно-наслідкового аналізу процесів погіршення якості води.

Назріла необхідність застосування системного підходу до вивчення процесів формування хімічного складу та якості води. Це завдання було сформульоване В.К.Хільчевським (2000) як необхідність “... брати до уваги важливе природознавче положення про зв’язок стану водних об’єктів (їх кількісних і якісних характеристик) з динамікою компонентів ландшафту і господарської діяльності людини”.

М.М.Паламарчук (2000) запропонував при вирішенні водоресурсних і гідроекологічних проблем “ ... співставляти всю сукупність природних взаємозв’язків і антропогенної діяльності в межах певного географічного простору ”, а А.В. Яцик (2001) - концепцію басейнового еколого - системного управління водокористуванням.

Таким чином, актуальність даної теми полягає в розробці теоретичного обґрунтування гідрохімічних систем (ГХС) природних вод, в створенні методики їх дослідження та у практичній реалізації геосистемного підходу до вивчення хімічного складу природних вод у зв’язку із назрілою необхідністю комплексного і поглибленого аналізу направленості гідрохімічних процесів у природних водах як результату сукупного впливу природних та антропогенних факторів.

Реалізація даного підходу в практиці гідрохімічних досліджень сприятиме виявленню причинно-наслідкових зв’язків у гідрохімічних системах і розробки рекомендацій щодо оптимізації їх структури з метою стабілізації процесів формування якості води та сталого розвитку водних ресурсів.

**Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження за проблемою дисертації виконувались згідно планів науково-дослідних робіт географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка під науковим керівництвом і за одночасної участі автора як безпосереднього виконавця за держбюджетними і госпдоговірними темами, які входили до складу наукового напрямку “Охорона навколишнього середовища” (1986-2000 рр.), державної Комплексної програми протипаводкових заходів (1995-2000 рр.).

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є обґрунтування, розробка, апробація та прикладне застосування науково-теоретичних та методологічних засад дослідження хімічного складу природних вод як гідрохімічних систем – відкритих природних геосистем функціонального типу.

Відповідно до поставленої мети в роботі вирішувалися наступні задачі:

* дефініція гідрохімічної системи на основі концепцій про багатофакторність формування хімічного складу природних вод та про функціональні геосистеми, розвинутих в другій половині XX століття;
* графічна та математична формалізація гідрохімічної системи;
* узагальнена характеристика речовинно-агрегатного та компонентного складу гідрохімічної системи на сучасному етапі еволюції природних вод;
* аналіз структури, основних властивостей та функцій ГХС;
* розробка методології дослідження ГХС з використанням системного підходу;
* апробація теоретико-методологічних розробок, їх прикладне застосування при вирішенні важливих еколого-економічних проблем України.

**Об’єкт і предмет дослідження.** Об’єктами дослідження є континентальні природні води різних регіонів України та шельфової зони Чорного моря (зона змішування континентальних і морських вод у Джарилгацькій затоці). Предметом дослідження є теорія та методика регіонального аналізу хімічного складу природних вод як гідрохімічних систем – просторових статистично однорідних гідрохімічних функціональних комплексів із застосуванням геосистемного підходу.

**Методи дослідження.** В основу досліджень покладено методологію геосистемного аналізу гідрохімічних систем як природних утворень.

В розробленій автором методології дослідження ГХС у логічній послідовності поєднано класичні гідролого-гідрохімічні методи дослідження з статистичними методами аналізу інформації, що дозволяє оцінити параметри гідрохімічної системи, виконати її структурний аналіз з використанням мультиваріаційних статистичних методів (факторного та кластерного аналізу), встановити шляхом кореляційного аналізу ендосистемні та екзосистемні зв’язки між компонентами системи і позасистемними утвореннями, що формують параметри системи. Створюються структурно-функціональні та просторові моделі ГХС, а потім – у разі необхідності виконання подальшого прогнозування їх розвитку та оптимізації – створюються статистичні, балансові, чи імітаційні моделі цих систем.

Прогнозування ГХС на основі обраної моделі є основою розробки рекомендацій щодо оптимізації та стабілізації її параметрів з урахуванням потреб приоритетних видів місцевого водокористування.

**Вихідні матеріали.** Для апробації методології дослідження ГХС було використано:

- матеріали натурних гідрохімічних досліджень, здійснених під керівництвом автора співробітниками Проблемної науково-дослідної лабораторії гідроекології та гідрохімії на експериментальних водозборах різних природних зон України (рр. Бутеня, Іква, Корабельна);

- матеріали УФ ЦНДІКВВР та ІГБ АН України щодо водозбору р. Росава отримані за участю автора під час створення експериментального гідролого-гідрохімічного полігону;

- матеріали Управління екології та природних ресурсів у Житомирській області і Гідрометслужби України щодо хімічного складу річкових вод Житомирського Полісся;

- матеріали Укрводпроекту про використання водних ресурсів, господарську діяльність та хімічний склад води річок у басейні р. Горині;

- матеріали Укрводпроекту, Українського НДІ токсикології та гігієни пестицидів, полімерів і пластмас Міністерства охорони здоров’я України, Української науково-дослідної станції рисівництва Міністерства сільського господарства та Проблемної науково-дослідної лабораторії гідроекології та гідрохімії Київського національного університету імені Тараса Шевченка щодо хімічного складу різних типів природних та скидних вод у шельфовій зоні Джарилгацької затоки Чорного моря.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в тому, що автором створений новий науковий напрямок – дослідження гідрохімічних систем, який базується на наступних основних положеннях:

- вперше сформульовано новий науковий, теоретично і методологічно обґрунтований підхід до вивчення просторово-часових полів хімічних речовин у природних водах;

* в гідрохімічну науку введено і формалізовано поняття про специфічне природне утворення - гідрохімічну систему;
* досліджено основні властивості та функції ГХС;
* вперше виконано типізацію ГХС;
* запропоновано ієрархічну класифікацію ГХС за їх розміром;
* розроблено класифікацію вертикальних структурних рівнів ГХС з урахуванням особливостей взаємозв’язку різних типів природних вод;
* розроблено методологію дослідження ГХС, орієнтовану на прикладне
* застосування в гідрохімічних дослідженнях;

- виконано комплекс досліджень регіональних ГХС природних вод України з метою апробації теоретико-методологічних розробок, в результаті яких:

- виявлено та ідентифіковано фактори формування ГХС різного рівня розмірності;

- змодельовано вплив антропогенних факторів на формування ГХС шляхом мультиваріаційної апроксимації екзосистемних і ендосистемних звязків;

- вивчено особливості просторових, процесно-функціональних та речовинно-агрегатних структур ГХС;

- досліджено територіальну структуру ГХС та виконано їх візуалізацію у вигляді процесно-функціональної моделі чи карти районування;

- здійснено прогнозування розвитку окремих регіональних систем.

**Практичне значення одержаних результатів.** Основне практичне значення дисертації полягає в розробці теоретико-методологічної бази дослідження ГХС, яка може бути застосована для вивчення водних об’єктів та вирішення сучасних складних гідроекологічних проблем різних регіонів України.

У результаті апробації розробок автора, представлених в дисертації, були отримані наступні практично значимі результати:

- розроблено структурно-функціональну модель гідрохімічної регіональної макросистеми вод поверхневого стоку Житомирського Полісся;

- виконано районування гідрохімічної макросистеми Житомирського Полісся за умовами формування хімічного складу та якості води;

- розроблено рекомендації щодо покращення стану якості води та підвищення ефективності гідроекологічного моніторингу поверхневих вод Житомирського Полісся;

- досліджено особливості ГХС лісостепової та степової зон України та виконано рекомендації з їх оптимізації на основі мультиваріаційного підходу щодо апроксимації та моделювання впливу антропогенних чинників на формування параметрів ГХС;

- на основі геосистемного аналізу виявлено головні причини погіршення еколого-гідрохімічної ситуації в Скадовській курортній зоні Джарилгацької затоки Чорного моря;

- на прикладі акваторії шельфової зони Чорного моря (Джарилгацька затока) досліджено трансформаційні процеси у гідрохімічній системі перехідного типу – в зоні змішування двох основних типів природних вод планети: континентальних – карбонатно-кальцієвих та морських – хлоридно-натрієвих;

- досліджено головні фактори формування перехідної гідрохімічної системи Джарилгацької затоки, проведено її структурний аналіз та виконано районування акваторії як за умовами формування якості води, так і за комплексним індексом забруднення води; матеріали вказаних досліджень впроваджено в розробку технічних проектів покращення екологічного стану та якості води курортної зони Джарилгацької затоки;

- на прикладі гідрохімічної макросистеми р. Горині апробовано статистичні та балансові підходи до прогнозування параметрів ГХС; результати прогнозування впроваджено в розробку технічного проекту поповнення підземних вод в районі Гощанського водозабору, який виконувався у зв’язку із обезводненням частини басейну річки внаслідок депресійного зниження рівня ґрунтових вод через інтенсивну відкачку для водопостачання м.Рівне.

Результати досліджень впроваджені у Житомирському управлінні екології та природних ресурсів та у Державному комітеті України по водному господарству.

Крім того, результати досліджень використані в навчальному підручнику “Оцінка та прогнозування якості природних вод” та посібнику “Інженерна гідрохімія”, впроваджені в курси лекцій з “Гідрохімії України”, “Гідроекологічної експертизи”, що читаються автором у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка.

Теоретико-методологічні та прикладні рішення дисертації були отримані і реалізовані у процесі виконання держбюджетних і госпдоговірних тем Київського національного університету імені Тараса Шевченка напрямку “Охорона навколишнього середовища” під керівництвом та за безпосередньої участі автора, серед яких: “Розробити і впровадити кількісну оцінку впливу різних антропогенних факторів на гідрохімічний режим річок Української РСР (методичні рекомендації)”(відпов. викон., д/т № 16, 1990р. № д. р. у ВНТІЦ (Москва) 01860089778) (Замовник Держплан УРСР, постанова № 88 від 29.11.1985 р. та постанова Президії АН УРСР №474 від 27.12.1985 р.); “Дослідження особливостей надходження та розподілу біогенних елементів у водах місцевого стоку (на прикладі малих річок басейну Дніпра) (відпов. викон., д/т №461, 1994р., № д.р. 0193U021685); “Дослідити і оцінити вплив господарської діяльності на формування хімічного складу води річок України”(відпов. викон., д/т №18, 1993р., № д.р. 0193U640763)(Замовник - Мінвуз України); “Оцінка умов формування гідрохімічного режиму та якості води Джарилгацької затоки Чорного моря під впливом дренажно-скидних вод Краснознаменської зрошувальної системи” (наук. керівн., інститут Укрдіпроводгосп, 1991) (Замовник – інститут Укрдіпроводгосп); “Сучасний стан та прогноз якості води р.Горинь” (наук. керівн., інститут Укрдіпроводгосп, 1992) (Замовник – інститут Укрдіпроводгосп); “Оцінити закономірності трансформації хімічного складу води річок Прип`ятського Полісся України”. (виконавець, д/т №13, 1996р., № д.р. 0195U004189) (замовник Міносвіти України); “Розробити методику та провести районування річок басейну Дніпра за умовами формування якості води”(наук.керівн., д/т №20, 1996 р., № д.р. в УкрІНТЕІ 0193U0044890); “Розробити рекомендації для оперативного прогнозування якості води у гірських річках Українських Карпат в умовах нестійкого водного режиму” (Державна комплексна програма протипаводкових заходів) (наук.керівн., г/т №73-96, 1996, № д. р. 091U010431) (Замовник - Держводгосп України, дог. № 328); “Дослідити сучасний гідрохімічний режим поверхневих вод Житомирського Полісся та виконати оцінку їх якості з метою розробки рекомендацій щодо покращення їх стану. Етап 1: Дослідження гідрохімічного режиму та якості води) (наук. керівн.,г/т №73, 1999 р., № д.р. 0100U000432) (Замовник – Держуправління екології та природних ресурсів у Житомирській області); “Дослідити сучасний гідрохімічний режим поверхневих вод Житомирського Полісся та виконати оцінку їх якості з метою розробки рекомендацій щодо покращення їх стану. (Етап 2: Системний аналіз факторів формування хімічного складу та якості води річок)” (наук. керівн., д/т № 2000Д003, 2000 р., № д.р. 0100U004925) (Замовник – Держуправління екології та природних ресурсів у Житомирській області); “Визначити пріоритетні чинники забруднення малих і середніх річок басейну Дніпра і розробити рекомендації по зменшенню їх впливу на якість водних ресурсів” (відпов. викон. д/т № 463, 2000 р., № д.р. 0198U004697) (Замовник – Міносвіти України); “Обґрунтування заходів по регулюванню руслових процесів та якості річкових вод (до схеми комплексного протипаводкового захисту басейну р.Тиси в Закарпатській області)”(виконавець, г/т № 01ДП05002, 2001 р., № д.р. 0101U001567) (Замовник – ВАТ ”Укрводпроект”; “Рекомендації щодо покращення стану якості води та підвищення ефективності гідроекологічного моніторингу поверхневих вод Житомирського Полісся**”**(наук. керівн., д/т №01ДП05003, 2001 р., № д.р. 0101U006493 ) (Замовник – Держуправління екології та природних ресурсів у Житомирській області).

**Особистий внесок автора у роботу.** Теоретичне обґрунтування ГХС, розробка методології досліджень та її апробація (починаючи від проведення натурних експериментальних досліджень, збору інформації про параметри систем, її комп’ютерної обробки статистичними методами, графічної та картографічної інтерпретації тощо ) виконана автором самостійно.

Натурні дослідження ГХС експериментальних водозборів Бутені, Ікви, Корабельної, які включали повний комплекс гідролого-гідрохімічних робіт, проводилися разом з доцентом кафедри гідрології та гідрохімії Київського національного університету імені Тараса Шевченка канд. геогр. наук В.В.Гребнем в рамках держбюджетної теми під науковим керівництвом докт. геогр. наук , проф. В.І.Пелешенка.

Дослідження ГХС р.Росави здійснювалось автором з використанням матеріалів УФ ЦНДІКВВР, ІГБ АН України та за консультації з співробітниками цих установ: зав. відділом, канд. техн. наук В.С. Перехрестом та зав. лабораторією, канд. с.-г. наук А.П.Чернявською, канд. геогр. наук Й.В.Грибом.

Дослідження перехідної ГХС Джарилгацької затоки Чорного моря виконувався автором за консультації із зав. відділом гідрохімії інституту “Укрводпроект” канд. хім..наук К.А.Чеботьком.

Статистичний прогноз параметрів ГХС р.Горині виконувався разом з провідним науковим співробітником Ради по вивченню продуктивних сил АН України канд. техн. наук М.М.Ворончуком.

Крім наукового консультанта, автор користувався консультаціями докт. геогр. наук, проф. В.К.Хільчевського, докт. геогр. наук Д.В. Закревського, канд. геогр. наук М.І. Ромася, канд. хім. наук, доцента В.М.Савицького, за що їм щиро вдячний.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати виконаної дисертаційної роботи апробовані на Першій республіканській науковій конференції “Проблеми раціонального використання, охорони та відтворення природноресурсного потенціалу Української РСР” (Чернівці, 1991); на наукових семінарах Інституту геології та палеонтології та Інституту географії Вестфальського університету (Німеччина, м.Мюнстер, 1994); на XVII, XIX та XX міжнародних конференціях Дунайських країн з гідрологічного прогнозування та гідрологічних основ водного господарства (Будапешт, 1994; Осієк, 1998; Братіслава, 2000); на міжнародній науково-практичній конференції "Проблеми ефективного використання водних ресурсів та меліорації земель”(Київ, 1996); на науковій конференції професорсько-викладацького складу географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка (Київ, 1997); на Другому з`їзді Гідроекологічного товариства України ( Київ, 1997); на 23 Генеральній асамблеї Європейського геофізичного товариства (Ніцца, Франція, 1998); на Міжнародному семінарі “Інтегрований менеджмент та охорона транскордонних водотоків та болотних угідь” (Нідерланди, м. Вагенінген, 1999); на наукових семінарах кафедри загальної та прикладної геології Вестфальського університету (Німеччина, м.Мюнстер, 1999); у Федеральному інституті гідрології (Німеччина, м.Кобленц, 1999); у Гессенському міністерстві охорони навколишнього середовища (Німеччина, м.Вісбаден, 1999); на міжнародній конференції “Екологічні та соціально-економічні аспекти катастрофічних природних явищ в Карпатському регіоні” (Рахів, 1999); на Ювілейній міжнародній науковій конференції “Гідрологія і гідрохімія на межі XX – XXI сторіч” (Київ, 1999); на VIII зїзді Українського географічного товариства (Луцьк, 2000); на Міжнародній науковій конференції “Житомирщина у просторі і часі” (Житомир, 2000 ); на Міжнародному семінарі “Гирлові екосистеми: управління природними ресурсами” за програмою технічного партнерства між Рамсарськими угіддями, організованого за підтримкою Французького природоохоронного фонду (Одеса, 2000); на національному семінарі в рамках проекту TACIS CBC: “Західний Буг і Латориця/Уж - транскордонний моніторинг та оцінка якості води” (Ужгород, 2000); на Міжнародному семінарі TACIS (Київ, 2000); на Міжнародному семінарі в Німецькому інституті екології прісних вод “Гармонізація інвентаризації точкових та дифузних джерел азоту та фосфору в басейні Дунаю” (Берлін, 2000); на вченій раді географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка (Київ, 2001).

**Публікації.** Наукові результати дисертації опубліковані в 3 монографіях (у співавторстві), 1 одноосібному навчальному підручнику та 1 одноосібному посібнику, в 36 статтях та 6 тезах доповідей конференцій.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається із вступу, семи розділів, висновків і додатків. Вона містить 267 стор. основного тексту, 68 рисунків та 55 таблиць. Список використаних літературних джерел налічує 308 найменувань. Загальний обсяг роботи - 416 сторінок.

### ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У першому розділі** роботи виконано теоретичне обґрунтування геосистемного підходу для дослідження хімічного складу природних вод, запропоновано та обґрунтовано концепцію гідрохімічної системи , здійснено її дефініцію, формалізацію та типізацію.

Передумовою створення концепції ГХС та теоретико-методологічних засад їх вивчення ставрозвиток системних уявлень про хімічний склад природних вод і системного підходу до вивчення природних утворень, розробка концепцій геосистем та функціонально-цілісних геосистем.

Уявлення про системну природу хімічного складу води розвивалося від філософсько-натуралістичних поглядів Фалеса Мілетського (624 р. до н.е.), Аристотеля (322 р. до н.е.), Плінія Молодшого ( 23 – 79 рр. н.е) до сучасного  розуміння системного характеру хімічного складу води, який нерозривно зв’язаний з хімічними, фізичними та біологічними процесами, що протікають у навколишньому середовищі ( Альокін, 1970).

Відкриття Лавуазьє (1770) складу води та представлення її Д.І.Мендєлєєвим (1871) як сольового розчину сприяли становленню гідрохімії як самостійної науки, що сформувалася на початку ХХ століття, внаслідок впровадження хіміко-аналітичних методів у гідрологію.

Перші наукові узагальнення цього періоду належать Ф.Кларку (1924) та В.І.Вернадському (1933-1936). Останнім було запропоноване вчення про єдність води в природі, яке стало поштовхом до розвитку системного підходу у гідрохімії.

Узагальнивши вітчизняний та зарубіжний досвід, О.О.Альокін (1948,1953) вперше сформулював системну суть процесів формування хімічного складу природних вод, що дало підстави для розгляду хімічного складу води як системної категорії.

Невдовзі В.В.Глушков (1961), опираючись на роботи В.В. Докучаєва, А.І.Воєйкова та О.О. Альокіна, запропонував географо-гідрологічний метод дослідження природних вод. Під час його обґрунтування він розробив положення про зв’язок хімічного складу вод ландшафту з кліматичними умовами, геологічною будовою та рельєфом території, грунтами та рослинністю. Розвиваючи цей принцип, П.П.Воронков (1963) показав залежність хімічного складу вод місцевого стоку від умов середовища, у якому відбувалося його формування.

Таким чином, вже з початку формування гідрохімії як науки в її теоретичну основу було покладено принцип системного підходу.Предмет дослідження гідрохімії - хімічний склад води вважався одним із елементів великої природної системи, результатом дії різноманітних факторів навколишнього середовища.

Вчення про багатофакторність формування хімічного складу вод гідросфери сформульовано в працях видатних зарубіжних і вітчизняних геохіміків та гідрохіміків (Davis,1963; Garrels,1967; Gibbs,1975; Пелешенко, 1975; Paces, 1976).

Кінець минулого сторіччя ознаменувався появою фундаментальних узагальнюючих праць у галузі гідрохімії (Stumm, Morgan, 1981; Drever, 1982; Посохов,1981; Перельман,1982; Никаноров, 1985; Meybeck, Chapman, Helmer, 1989, Черногаєва, 1993; Sigg, 1994; Горєв, 1995; Яцик,1997), у яких, як і у переробленому виданні «Основ гідрохімії» О.О.Альокіна (1970), проводиться ідея про єдність хімічних процесів, що протікають в усіх природних водах та про їх системну обумовленість складним комплексом природних та антропогенних факторів.

Подальшого розвитку системний підхід до вивчення хімічного складу природних вод набув і у працях вітчизняних вчених. Найпомітнішими роботами останнього періоду, у яких було розвинуто і поглиблено географо-гідрологічний метод у гідрохімії є дослідження В.К.Хільчевського (1996, 1999). Ним було розроблено і успішно застосовано геосистемно-гідрохімічний метод для дослідження хімічного складу і стоку різних типів природних вод (атмосферних опадів, схилових, річкових, грунтових, підземних вод) на елементарних водозборах (геосистемах) малих річок з урахуванням впливу фізико-географічних і антропогенних факторів.

Деякі аспекти концепції багатофакторності формування хімічного складу вод та його системної природи було також розглянуто в наших роботах (Snishko,1994; Сніжко,1996).

Одночасно з розвитком системних уявлень про хімічний склад води відбувався розвиток системного підходу до природних утворень.

Введений В.Б.Сочавою (1963) термін “геосистема” був визначений М.Д.Гродзинським (1993) як множина елементів природного походження, існуючі зв’язки між якими зумовлюють прояв природи в таких якостях та реалізації нею таких функцій, які без взаємодії елементів були б неможливими. Водний розчин вважається складним і комплексним компонентом геосистеми (К.А.Позаченюк, 1999).

В наш час традиційні об’єкти географічних досліджень все більше розглядаються з точки зору загальної теорії систем (Ретеюм, 1972; Гродзинський, 1995; Шищенко, 1999; Некос, 1988; Пащенко,1993; Ковальчук, 1997; Стецюк, Сілецький, 2000).

Дослідження міграції хімічних елементів у ландшафтах (Полинов,1952; Муравейський,1960) сприяло розробці методів ідентифікації геосистем за особливостями їх речовинно-енергетичних полів та обгрунтуванню концепції функціонально-цілісних геосистем, у яких системоутворюючою основою є потоки речовини та енергії (Ретеюм,1971; Гвоздецький,1982).

М.А.Глазовська (1976) ввела поняття про елементарні ландшафтно-геохімічні системи (ЕЛГС), а українська вчена-ландшафтознавець Л.Л. Малишева (1998) визначила їх як геосистеми різних рангів, цілісність яких обумовлена певним хімічним складом їх компонентів і міграцією хімічних елементів між ними.

Застосовуючи принцип функціональної цілісності геосистем, О.В. Кадацька (1987) запропонувала розглядати річковий водозбір як геосистему, головною функцією якої є генерація односторонньо направленого водного потоку, що формується в результаті сукупного впливу фізико-географічних факторів.

У дослідженні В.М.Самойленка (2000) вперше формалізовано водойму з береговою зоною як складну динамічну природно-технічну систему, стан якої описується екологічними, в тому числі і гідрохімічними параметрами.

Підводячи підсумок проаналізованих в огляді робіт, слід зробити декілька важливих висновків для подальших досліджень хімічного складу води з позицій геосистемного підходу:

1) впровадження теорії систем у природничі дослідження привело до розвитку геосистемної методології досліджень природних утворень;

2) поняття “геосистема” пройшло еволюційний шлях розвитку від позначення великих природно-територіальних систем до обмежених за площею ландшафтів, річкових басейнів, водойм з прибережною територією;

3) розроблено концепцію функціонально-цілісних геосистем, основою яких є потоки речовини та енергії, які обумовлюють процеси обміну речовинами між компонентами неживої природи та метаболізму в живих організмах.

Застосування геосистемного підходу дозволяе досліджувати хімічний склад води як систему взаємопов’язаних хімічних елементів, що сформувалася у різних типах природних вод під впливом певного комплексу природних і антропогенних факторів і функціонує в певних просторових межах як геосистема.

“Наука будується шляхом виділення природних тіл, які утворлися в результаті закономірних природних процесів”,- говорив В.І.Вернадський (1977). Розширення наукових уявлень про хімічний склад природних вод, процеси його формування, про гідрохімічний режим водних об′єктів а також розвиток геосистемних досліджень у географії, створило передумови для вирізнення за функціональними ознаками специфічного “природного тіла” – гідрохімічної системи природних вод .

Під гідрохімічною системою (ГХС) слід розуміти динамічний просторово-часовий та специфічний комплекс хімічних речовин і процесів, завдяки яким здійснюється обмін речовиною та енергією у природних водах.

ГХС виділяється за принципом функціонально-цілісної геосистеми як об’єм простору; системоутворюючою основою її є компоненти хімічного складу води з їх специфічним характером форм знаходження та типами зв’язків.

ГХС є системою відкритого типу; її властивості та структура формуються як під впливом факторів зовнішнього по відношенню до неї середовища (екзосистемних процесів) так і за рахунок внутрішніх (ендосистемних) процесів.

Опираючись на результати попередніх досліджень систем взагалі (Месарович, 1966; Берталанфі, 1969; Холл, Фейджин, 1969; Churchman, 1979; Athey, 1982) і, особливо, природних систем (Domenico, 1972; Джефферс, 1981; Egelen,1984; Struckmeier, 1986; Лаврик,1998) нами виконана математична формалізація гідрохімічної системи.

Елементи системи *S* – компоненти хімічного складу води у вигляді певного набору параметрів позначаються символами *X1, X2, X3, … , Xn*, де *n –* число хімічних компонентів. Тоді множину цих елементів *Х = {Х1, Х2, Х3, ... , Хn }* назвемо складом гідрохімічної системи.

Елементи *Х1, Х2, Х3, ... , Хn* об’єднуються в систему певними відношеннями і зв’язками, які називаються системоутворюючими, або, як уже було названо вище, ендосистемними. Таким чином формується речовинно-агрегатна структура гідрохімічної системи.

Елементи системи взаємозв’язані і одночасно зазнають впливу зовнішніх факторів. Таким чином утворюються екзосистемні зв’язки, що характеризують зовнішні фактори формування ГХС, які можуть бути представленими системами інших генетичних типів, наприклад, ландшафтно-геохімічними системами (ЛГС). ЛГС можуть одночасно обумовлювати також основні речовинно-енергетичні потоки в геосистемі вищого порядку, до якої належить дана ГХС.

Тому варто позначити символом *F* множину зовнішніх систем *m*, які формують екзосистемні зв’язки ГХС і є по відношенню до неї зовнішнім (навколишнім) середовищем. Множину цих факторів, узагальнена схема дії яких показана на рис.1, представимо вектором: *F ={F1, F 2, F 3, ... , F m}.*

Множина відношень (зв’язків) між елементами ГХС та елементами ГХС і навколишнім середовищем називається структурою даної гідрохімічної системи *S* і позначається вона так: *R ={ R 1, R 2, R 3, ... , R l},* де l – число зв’язків, що утворюють структуру системи *S.*

У результаті такої взаємодії формується процесно-функціональна структура гідрохімічної системи.

Склад ГХС *Х,* її навколишнє середовище *F* та структура *R* можуть змінюватись у часі *t.* Цю зміну у загальній формі можна позначити наступним чином: *Х* =*Х(t) = {Х1(t), Х2(t), Х3(t), ... , Хn(t)}; F =F(t) ={F1(t), F 2 (t), F 3(t), ... , F m(t)}; R =R(t) ={ R 1 (t), R 2(t), R 3(t), ... , R l(t)}.*

Зміна у часі елементів *Х(t)* та структури *R(t)*  ГХС в залежності від впливу зовнішніх факторів *F(t)*  відбувається за певною функцією *M(t).*

Враховуючи виконану математичну формалізацію ГХС, можна подати її визначення в такому варіанті: гідрохімічною системою *S(t)*, що функціонує у водному об’єкті, чи групі споріднених водних об’єктів (різних взаємозв’язаних типів вод гідросфери), які по відношенню до системи є навколишнім середовищем *F(t),* називається множина об’єктів *S(t) = S(Х, F, R, M),* що утворена із сукупності внутрішніх елементів *Х(t),* які зв’язані між собою і з навколишнім середовищем *F(t)* сукупністю зв’язків *R(t),* які змінюються у часі у відповідності із множиною функцій *M(t).*

ГХС як процесно-функціональні речовинно-енергетичні структури гідросфери можуть бути розділені перш за все за їх основними двома типами:

а) ГХС текучих вод – річок, струмків; б) ГХС вод з уповільненим водообміном – озера, водосховища.

ГХС текучих вод можуть бути басейновими та русловими. Басейнова ГХС є класичною повнокомпонентною системою, що функціонує у об’ємі простору, створеному генетично зв’язаними категоріями природних вод, які утворюють цілісний водний потік з параметрами, що варіюють у просторі і часі.

Руслові гідрохімічні системи функціонують у складі басейнових систем. Це - високодинамічні ГХС з швидким перебігом фізико-хімічних перетворень речовин та зміною параметрів систем.

Руслові ГХС формуються в результаті змішування вод сформованих у ГХС нижчих рангів. Параметри руслових систем у такому випадку будуть значно відрізняться від параметрів окремих, підпорядкованих їм ГХС.

ГХС водойм можна розглядати як сукупність ГХС, що функціонують у межах водозбору озера чи водосховища. Ці системи представлені зазвичай басейновими ГХС малих та середніх річок.

ГХС невеликих за об’ємом водойм, як правило, руслового типу з високою проточністю не відрізняються від річкових ГХС, з якими вони тісно зв’язані.

На відміну від них, великі озера та водосховища повинні вирізнятися як окремі ГХС, що можуть бути названі акваторіальними.

Для акваторіальних ГХС характерна також специфічна вертикальна структура, що відрізняє їх від басейнових та руслових ГХС. Тому вони можуть бути додатково розділені, враховуючи неоднорідність умов формування хімічного складу води як у горизонтальній так і у вертикальній площинах, на ряд локальних ГХС мікро- і мезорівня в залежності від розміру області їх поширення. Ідентифікація та диференціація цих систем можлива за умови детального гідрохімічного дослідження водного об’єкта в межах усієї акваторії та глибини.

ГХС перехідного типу формуються в гирлових ділянках річок, в шельфових зонах морів, де відбувається розвантаження континентального поверхневого стоку і протікають процеси трансформації його хімічного складу у зв’язку із різкою зміною гідродинамічних та фізико-хімічних умов водного середовища.

**У другому розділі** викладено теоретичне обґрунтування структури, властивостей та функцій ГХС.

Однією з найхарактерніших властивостей є її поліструктурність. В межах гідрохімічної системи можна виділити декілька типів одночасно існуючих структур (речовинно-агрегатна, процесно-функціональна, просторова (горизонтальна та вертикальна), які є проявом самоорганізації компонентів системи під впливом комплексу зовнішніх та внутрішніх факторів.

Речовинно-агрегатну структуру гідрохімічної системи утворюють хімічні речовини, які у різних формах і агрегатних станах знаходяться у воді і забезпечують перебіг фізико-хімічних процесів як у самій воді так і речовинно-енергетичний обмін між водою та суміжними з нею середовищами.

Сукупність хімічних процесів у водному середовищі, в результаті яких відбувається трансформація та транспорт речовин і енергії і складає процесно – функціональну структуру гідрохімічної системи, що формується на основі хімічних зв’язків між тисячами сполук природного і антропогенного походження, які присутні у природних водах.

Таким чином, поєднання теоретико-методологічних основ вчення про функціонально-цілісні геосистеми з концепцією багатофакторності формування хімічного складу та якості води, дозволило вирізнити та обґрунтувати гідрохімічну систему природних вод (Сніжко, 2001), яка функціонує в певних просторових межах як геосистема.

Вже на перших етапах дослідження ГХС виникає питання про їх структуру та розмір, ієрархію рівнів їх територіальної розмірності та про методичні підходи до вирішення цих процедур.

Аналіз існуючих підходів до виділення територіальних гідрологічних та гідрохімічних структур показав, що усі вони базуються всього лише на двох основних принципах: зональному (географічному) та басейновому (гідрологічному).

Відкритий ще В.В. Докучаєвим (1898) закон географічної зональності проявляється також в територіальній структурі гідрологічних та гідрохімічних інформаційних полів (Глушков,1961).

Ландшафтно-генетичний підхід, що враховує принцип географічної зональності хімічного складу поверхневих вод, успішно застосовувався для виділення елементарних гідрохімічних структур, наприклад, “гідрохімічних полів” (Пелешенко, 1975). В той же час слід взяти до уваги, що географічна зональність простежується у просторовій зміні лише тих хімічних речовин, концентрації яких формуються головним чином за рахунок природних факторів. У просторовому розподілі концентрацій речовин змішаного і антропогенного походження не спостерігається ніяких ознак географічної зональності.

Тому застосування схеми фізико-географічного районування для класифікації однорідних гідрохімічних структур, що характеризуються полікомпонентністю зі зростаючим в останні десятиліття переважанням речовин змішаного (природно-антропогенного) та антропогенного походження, виглядає методично необґрунтованим.

Басейновий підхід як метод дослідження цілісно-функціональних геосистем найбільше підходить для вивчення гідрохімічних структур. При цьому слід віддати перевагу методу інтеграції з урахуванням комплексу ідентифікаційних ознак елементарних ГХС нижчого рангу в системи вищого рангу.

Виявлення ГХС за умови використання запропонованого підходу, в основі якого лежить інтегрування елементарних однорідних цілісно функціональних ГХС, можливе в межах будь-якої території, яку можна представити як макросистему, що складена якою завгодно великою кількістю елементарних річкових басейнів. Сказане означає, що ієрархічно структуровані ГХС можна виділити як в межах басейну річки вищого порядку, так і в межах території будь-якої одиниці географічного районування, аж до топічного рівня.

Враховуючи досвід фізико-географічного районування та класифікацій річкових басейнів (Сочава, 1974; Ісаченко,1979; Кінг,1980; Аурада, 1986; Гродзинський,1993) пропонується наступна ієрархічна класифікація гідрохімічних систем за їх розміром: мікрорівень: субтопічна ГХС (до10 м2); мезорівень: локальна ГХС І порядку (>10 м2 – 10 км2), локальна ГХС ІІ порядку (>10 км2 – 5 тис.км2); макрорівень: регіональна ГХС І порядку (>5 – 50 тис. км2), регіональна ГХС ІІ порядку (>50 тис.км2 – 1 млн. км2 ), субглобальна ГХС (>1–100 млн. км2), глобальна ГХС (> 100 млн. км2).

Вертикальна структура ГХС пов’язана з поширенням вод зони активного водообміну, які розміщуються вище місцевого базису ерозії і є генетично однорідними і близькими за хімічним складом (рис. 1).

Рис.1. Вертикальна структура гідрохімічної системи ( Rатм, Rпов сх, Rінф, Rпід , ΔR, Rсум – надходження хімічних речовин з атмосферними опадами, з поверхнево-схиловим стоком, інфільтраційними та підземними водами, акумуляція в межах водозбору, сумарний стік речовин через замикаючий створ

Здійснення транспортно-розподільчої функції ГХС розпочинається з приземного шару атмосфери, де відбувається трансформація хімічного складу опадів, продовжується на поверхні водозбору, в товщі грунтів та осадових порід зони активного водообміну, де відбуваються фізико-хімічні, біохімічні процеси формування гідрохімічних параметрів вертикально і горизонтально направленого водного потоку.

Представлений рисунок показує, що верхньою межею простору, у якому формується генетично і речовинно однорідний водний потік, є поверхня ґрунтового покриву водозбірного басейну.

Нижня межа поширення системи збігається з нижньою межею поширення підземних вод, які гідравлічно тісно зв’язані з поверхневими водами.

Враховуючи результати попередніх досліджень (Воронков,1963; Likens, 1977; Miller, Drever, 1977; Пелешенко та ін.,1988; Bertsch,1998), можна представити вертикальну структуру ГХС наступним чином:

1 вертикальний рівень: зона стікання поверхнево-схилових вод. Охоплює приземний шар

атмосфери з найбільшим рівнем концентрації атмосферних аерозолей, тобто шар, в якому закінчується остаточне формування хімічного складу власне атмосферних опадів і починається його трансформація на поверхні ґрунтового покриву водозбору. Цей рівень функціонування ГХС має тимчасовий сезонний характер і прослідковується у періоди повного насичення ґрунтового покриву вологою.

2 вертикальний рівень: зона стікання атмосферних вод мікрорівчаковою мережею. Тут відбувається змішування поверхнево-схилових вод і вод, які дренуються з верхнього перезволоженого шару грунту (грунтово-поверхневі води).

3 вертикальний рівень: зона стікання інфільтраційних вод в руслову мережу. Вона має тимчасовий характер і функціонує лише в періоди надмірного зволоження внаслідок дренування ерозійним урізом водоносних шарів грунтово-підгрунтової товщі.

4 вертикальний рівень: зона стікання підземних вод в водотоки. Цей рівень існує постійно і в генетичному аспекті характеризує останній етап трансформації хімічного складу атмосферних вод, які шляхом інфільтрації досягли горизонту підземних вод.

5 вертикальний рівень: зона руслового стоку. Цей рівень можна назвати рівнем постійного, або руслового функціонування ГХС. Хімічний склад вод змінюється внаслідок сезонної зміни характеру вертикальної зональності системи.

Вертикальні рівні функціонування ГХС можна розділити на тимчасові (1-3 рівень) та постійні (4 і 5 рівні).

Постійні рівні зберігаються на протязі всього гідрологічного року, забезпечуючи протікання типових гідрохімічних процесів та формування характерного для даної ГХС хімічного складу води. Розширення вертикальної товщі функціонування ГХС спостерігається під час весняної повені та літньо-осінніх дощових паводків. В цей час відбувається активізація гідрохімічних процесів на усіх рівнях ГХС, що призводить до сезонної зміни параметрів компонентів гідрохімічної системи. Головною функцією ГХС є здійснення речовинно-енергетичного обміну між природними водами та компонентами навколишнього середовища завдяки наявності динамічного просторово-часового та специфічного комплексу хімічних речовин та процесів у природних водах.

Поширення хімічних речовин у водному середовищі здійснюється в основному за рахунок процесів конвекції та дифузії і відповідно до другого закону Фіка описується узагальненим рівнянням конвекції-дифузії, в яке додатково вводиться коефіцієнт розкладу та перетворення речовин (Rutherford,1994; Hilden,1999).

Для кількісної оцінки транспортуючої здатності ГХС розраховується кількість хімічних речовин, яка виноситься за межі системи за певний проміжок часу через її замикаючий створ (Пелешенко, Закревський, Сніжко, 1991; Сніжко, 1987, 1995; Хільчевський, Сніжко,1991). Ця величина є інтегральною характеристикою усієї сукупності геохімічних і біогеохімічних процесів, які протікають у межах гідрохімічної системи і не завжди можуть бути детально дослідженими.

ГХС є своєрідною формою існування і руху матерії в певних просторово-часових рамках, тому динамічний стан системи в різних його проявах є її природною властивістю. Основною причиною динамічності ГХС як системи відкритого типу є нестабільність зовнішніх факторів, які її формують. Будь-який зовнішній вплив на ГХС є поштовхом до протікання процесів перетворення речовин, хімічних процесів у водному середовищі, які часто описуються цілим ланцюгом хімічних реакцій.

ГХС має здатність швидко реагувати на зміни навколишнього середовища більш або менш масштабними хімічними перетвореннями, зміною своєї речовинно-енергетичної структури. Тому, якщо в навколишньому середовищі відбувається декілька специфічних подій (наприклад, сезонні ритми, зміна температури, тощо), то ГХС, в принципі, відображає кожну із цих подій у специфічних хімічних перебудовах своєї структури як у часі, так і у просторі, якщо тільки ці події досягають певного (суттєвого) порогу впливу.

Повторюваність процесів у ГХС обумовлюється циклічністю природних факторів, інтегральною характеристикою впливу яких на параметри ГХС можна вважати водний стік (Snishko, 2000). Довгий час, аж до досягнення суттєвого впливу господарської діяльності людини на навколишнє середовище, водний стік залишався домінуючим фактором, який визначав стан ГХС, його коротко- і довготривалі зміни. Проте, протягом останніх 150 років, вплив водного стоку як і природних факторів у цілому почав зменшуватись, а антропогенних – збільшуватись. З’явились цілі групи хімічних речовин антропогенного походження, режим яких не відповідає циклічності природних процесів.

Стійкість ГХС полягає в збереженні її рівноважного стану протягом певного часу за умови стабільності факторів, які на неї впливають. Рівноважним станом, згідно другого закону термодинаміки, є найбільш імовірний стан, до якого прямує будь-яка термодинамічна система (Горєв,1996).

У випадку впливу на ГХС того, чи іншого фактора вона відреагує на нього у відповідності до фізико-хімічного закону Ле-Шательє, тобто у ній будуть розвиватися процеси нейтралізації наслідків антропогенного впливу та відновлення стану рівноваги, у якому система перебувала до моменту впливу.

Стійкість ГХС безпосередньо залежить від її буферної здатності (Лаврик та ін., 1991; Израэль, 1989). Найменшою буферною здатністю характеризуються акваторіальні ГХС маломінералізованих вод оліготрофних озер, а найбільшою – вод річок та озер з підвищеною мінералізацією води. В обох випадках особливе значення має насиченість водного розчину хімічними речовинами, які створюють своєрідний поглинаючий і нейтралізуючий комплекс для забруднюючих речовин антропогенного походження.

**У третьому розділі роботи** охарактеризована методологія дослідження ГХС, яка була розроблена нами в останні роки в Проблемній науково-дослідній лабораторії гідрохімії і гідроекології Київського університету імені Тараса Шевченка.

Представлення даних моніторингових спостережень за хімічним складом води як характеристик ГХС, що сформувалися у результаті впливу різних природних та антропогенних факторів, є передумовою дослідження цих систем із використанням мультиваріаційних математичних методів.

Величини концентрацій хімічних речовин у воді та їх мінливість у часі, або просторі вже є ознаками прояву дії різних факторів на формування ГХС.

Вивчення ГХС, виявлення та ідентифікацію факторів їх формування, дослідження територіальної структури і т.п. виконується за даними гідрохімічних спостережень з використанням методик (Снежко, 1988, Snishko, 1994, Сніжко, 1996, Сніжко, 2001), в основу яких покладено мультиваріаційні статистичні методи - факторний та кластерний аналіз (Харман, 1974; Окунь, 1974; Steinhausen, 1977; Erenberg, 1986; Sachs, 1997; Legendre, 1998). Під час розробки методології використано попередній досвід застосування цих методів у гідролого-гідрохімічних дослідженнях (Смирнов, Скляренко, 1974; Hoetzl, 1982; Wimmer, 1987; Гавришин, Карадини, 1994; Mader et al.,1999) та ідею О.Г.Ободовського (1988) про поєднання можливостей факторного та кластерного методів аналізу.

Запропонована методологія складається із трьох взаємодоповнюючих і, в той же час, абсолютно автономних, методично наповнених блоків (етапів) системного дослідження.

На першому етапі аналізу формуються загальні уявлення про систему. Виявляються основні елементи та властивості системи. За даними гідрохімічних спостережень, структурованими у просторі і часі, досліджуються параметри системи та процеси, які в ній протікають.

Виявляються джерела надходження речовин до водного об’єкту, визначається роль транспортно-розподільчої функції ГХС у виведенні забруднюючих речовин із водної екосистеми та розподілі їх у її компонентах (воді, зважених речовинах, донних відкладах, гідробіонтах). Кількісні та якісні характеристики “входів-виходів” ГХС описуються рівнянням гідрохімічного балансу. Проводяться пошуки елементів у інших граничних системах, через які відбувається речовинно-енергетичний обмін. З метою поглибленого дослідження зовнішніх зв’язків ГХС проводиться вивчення цих елементів, їх моніторинг.

Другий етап аналізу ГХС базується на двох методиках, розроблених нами на основі використання мультиваріаційних статистичних методів: методиці дослідження факторів формування ГХС та методиці дослідження їх територіальної структури (Сніжко, 2001).

Аналіз факторних зв′язків елементів та структур системи з елементами та структурами не системи виконується з використанням статистичних методів (кореляційний та регресійний аналіз, в т.ч. багатофакторна регресія); створюються структурні блок-схеми з крос-кореляційними зв’язками між елементами та окремими блоками системи, які характеризують процесно-функціональну структуру ГХС.

Досліджується динаміка системи, яка включає аналіз направленості протікання гідрохімічних процесів та ймовірності їх оборотності і дослідження циклічних процесів в еволюції системи.

Виконується аналіз керованості гідрохімічної системи. Визначаються ключові (домінуючі) елементи системи, які визначають її головні функції і впливають на поведінку інших (другорядних) елементів та цілих блоків системи. Розглядається можливість штучної (примусової) маніпуляції домінуючими елементами системи задля отримання бажаних властивостей системи, чи задля створення передумов протікання необхідних позитивних процесів формування системи, які направлені на збереження природного хімічного складу води та покращення її якості.

На третьому етапі досліджень прогнозується розвиток системи і виконується її моделювання. Створюється структурно-функціональна модель ГХС за результатами дослідження факторів її формування, системних структур та зв’язків і карта гідрохімічного районування, на якій виділяються територіальні структури з однорідними умовами формування гідрохімічних процесів. Карта є найкращим способом візуалізації ГХС, її образно-знаковою моделлю.

Складність ГХС, їх зв’язок з іншими природними системами значно ускладнює, або й робить неможливим їх описання точними математичними формулами, не дозволяє створити строгі математичні моделі. Тому використовуються альтернативні підходи – статистичне та імітаційне моделювання.

**В четвертому розділі** подано результати системного аналізу регіональної гідрохімічної макросистеми Житомирського Полісся.

Вивчення даної макро-ГХС здійснювалося на основі матриці даних, що включала 87 параметрів зовнішніх факторів її формування і функціонування та параметрів внутрішньої структури ГХС, згрупованих за 32 пунктами гідролого-гідрохімічного моніторингу.

Із 29 первинних показників характеристик зовнішніх факторів для подальшого аналізу було рекомендовано лише 12: кількість внесених отрутохімікатів (OTR), площі еродованих земель в межах водозбірних басейнів (ER), площі з проявами дефляції грунтів (DG), кількість стічних вод (STV), викиди забруднюючих речовин (VYK), густота населення (NNAS), лісистість (LIS), заболоченість (ZAB), меліорованість водозборів (MEL), площа ріллі (RIL), площа поширення легкосуглинистих грунтів (LSU), кількість внесених мінеральних добрив (MIN), кількість площ охоплених вапнуванням (VAP), площі поширення супіщаних грунтів (SUP).

Методом головних компонент 32 гідрохімічні показники із вихідної інформаційної матриці даних були розділені на 5 генетично однорідних груп. Для подальшого аналізу використано 21 репрезентативний показник. Проведення процедури факторного аналізу дозволило виявити процесно-функціональну структуру ГХС, яка була представлена п’ятьма факторами (рис. 2).

Встановлено, що макро-ГХС формується переважно під впливом п’яти основних факторів:1) дифузне надходження мінеральних солей, біогенних та органічних речовин з поверхні водозбору; 2) ерозійно-дефляційні процеси, що сприяють вилуговуванню мінералів гірських порід та винесенню у річкову мережу забруднюючих речовин; 3) вплив меліоративних заходів на перебіг фізико-хімічних процесів і трансформування типу вод; 4) вплив стічних вод; 5) надходження отрутохімікатів.

Для дослідження просторової структури даної макросистеми експертним шляхом було відібрано 10 репрезентативних параметрів ( модуль водного стоку, меліорованість водозбору, поширеність легкосуглинистих грунтів, еродованість, вміст сульфатів, амонію, фосфатів, СПАР, ДДТ, γ-ГХЦГ), які найкращим чином характеризують кожен із 5 виявлених факторів формування ГХС.

За результатами проведеного кластерного аналізу виконано ієрархічне районування досліджуваної території; площі водозборів з однорідними гідрохімічними умовами, що характеризувалися як мінімум двома, чи декількома пунктами спостережень, було об’єднано у 14 локальних гідрохімічних мезосистем І порядку. Останні були об’єднані у 4 локальні гідрохімічні мезосистеми ІІ порядку, а саме: Слуцько-Волинська; Верхнєтетерівсько-Гнилоп’ятьська; Поліська Убортсько-Тетерівська; Словечансько-Овруцька. Кожна з них була утворена об’єднанням 2 – 4 гідрохімічних мезосистем І порядку.

Завдяки цьому було досягнуто ціль гідрохімічного районування – встановлення ієрархічної територіальної структури гідрохімічної макросистеми природних вод Житомирського Полісся. ЇЇ

візуалізацію було виконано шляхом побудови картосхеми гідрохімічного районування ( рис.3).

Кожен з виділених під час кластеризації районів характеризує окрему ГХС з специфічним для неї комплексом речовин та процесів, що протікають за участю цих речовин у межах даної території. Ці комплекси речовин та процесів склалися в результаті взаємодії екзосистемних та ендосистемних факторів формування ГХС.

. Таким чином, виконані в даному розділі дослідження є одним із варіантів регіональної апробації теоретико-методичних розробок. Результати системного аналізу даної ГХС використані для вдосконалення мережі гідрохімічного моніторингу поверхневих вод Житомирського Полісся, виявлення основних причин погіршення якості води у регіоні та проведення водоохоронних заходів.

Рис.3.Картосхема гідрохімічного районування регіональної гідрохімічної макросистеми Житомирського Полісся за комплексом системоформуючих показників

**У п’ятому розділі** роботи розглядаються характеристики басейнових ГХС лісостепової та степової зони України.Для дослідження особливостей їх формування та функціонування у цьому регіоні було обрано декілька репрезентативних у гідрохімічному відношенні річкових басейнів з типовими зональними особливостями природних умов та різними рівнями антропогенного навантаження ( Бутеня (басейн Дніпра), Іква та Корабельна (басейн Південного Бугу). Окремо розглянуто регіональну макро-ГХС басейну Південного Бугу.

Отримані шляхом експедиційних досліджень гідролого-гідрохімічні параметри цих систем, доповнені даними про природні умови та господарську діяльність у межах обраних водозборів, дозволили дослідити та проаналізувати їх процесно-функціональні структури, особливості яких обумовлюються мінливістю речовинно-агрегатної структури ГХС в залежності від зміни видів та міри впливу системоформуючих факторів. Їх типізація, яка була виконана з урахуванням найбільш вагомих перших трьох пріоритетних факторів показала, що у формуванні ГХС найбільшу роль відіграє характер поверхні водозбору (44% усіх випадків). На другому місці за впливом на формування параметрів системи є процеси перетворення речовини та енергії безпосередньо у водному об’єкті. На третьому місці - антропогенні фактори різного прояву, такі як вплив стічних вод, населених пунктів, меліоративних заходів, зарегульованості стоку (табл. 1).

Таблиця 1

Пріоритетні фактори формування гідрохімічних систем

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Гідро-хімічна система | Пло-ща,  км2 | Назва (за класи- фікацією ГХС) | Приоритетні фактори, % | | |
| І | ІІ | ІІІ |
| Південний Буг | 63700 | Регіональна макро-ГХС ІІ порядку | Процеси у водно- му об’єкті (35%) | Стічні води  (12,5%) | Поверхня водо збору (10,3%) |
| Житомир-  ське Полісся | 29000 | Регіональна макро-ГХС І порядку | Поверхня водозбо ру (19%) | Ерозія/дефля-  ція (16,3%) | Меліорація  (15,9%) |
| Росава | 1720 | Локальна мезо-  ГХС ІІ порядку | Процеси у водно му об’єкті (35% ) | Поверхня водо збору(19%) | Зарегульова-ність (13%) |
| Корабель-на | 550 | Локальна мезо-  ГХС ІІ порядку | Поверхнево-схило вий стік (24%) | Поверхня водозбору  (19%) | Процеси у водному об’єкті (14%) |
| Іква | 514 | Локальна мезо-  ГХС ІІ порядку | Процеси у водно му об’єкті (33,7%) | Вплив населе- них пунктів  (31,7%) | Поверхня водо збору (16,7%) |
| Бутеня | 59 | Локальна мезо-  ГХС ІІ порядку | Поверхня водозбору (34%) | Зарегульо  ваність (18%) | Процеси у вод ному об’єкті (13%) |

Аналізуючи розподіл системоформуючих факторів відносно ГХС різних рівнів розмірності, слід звернути увагу, що системи нижчих ієрархічних рівнів формуються головним чином під впливом місцевих факторів. Для них особливо важливе значення має характер поверхні водозбору, на якому формується не тільки водний стік, а й хімічний склад вод місцевого стоку. Значні зміни хімічного складу води спостерігаються також у локальних ГХС під впливом внутрішніх процесів перетворення речовини і енергії у водному об’єкті.

Що ж стосується регіональних макросистем, то тут спостерігаються деякі цікаві особливості. Для регіональної макро-ГХС Житомирського Полісся, розміщеної в одній географічній зоні, відносна стабільність кліматичних та гідрологічних умов створює сприятливий фон для прояву дії інших, знову ж таки, місцевих факторів: характер поверхні водозбору, ерозійно-дефляційні процеси, що розвиваються під впливом втручання людини у природну структуру поверхні водозбору, меліоративні заходи.

Регіональна макро-ГХС Південного Бугу є трансзональною, розміщена у двох природних зонах – лісостеповій та степовій, тому у її формуванні основну роль відіграє зональна зміна природних факторів формування хімічного складу води, внаслідок чого в широтному напрямі помітно змінюється хімічний склад води від гідрокарбонатно-кальцієвого (на півночі) до сульфатно-кальцієвого та хлоридно-натрієвого у південній частині (річки Гнилий Єланець, Громоклія).

Саме тому в результаті системного аналізу було ідентифіковано як найбільш впливовий пріоритетний фактор функціонування даної ГХС – процеси формування хлоридно-натрієвого хімічного складу природних вод. Чітко було ідентифіковано і вплив другого фактора – скидання стічних вод. Характер водозбору для регіональної макросистеми відіграє важливу, проте не головну роль.

З метою апроксимації впливу виявлених факторів на формування ГХС виконано статистичне моделювання залежності концентрацій хімічних компонентів від характеристик пріоритетних факторів шляхом розрахунку багатофакторних регресійних рівнянь (Сніжко, 2001). Отримані дво- та трифакторні рівняння залежності показників (сполуки азоту, фосфору, загальна мінералізація), що описують процеси евтрофікації та засолення поверхневих вод від характеристик пріоритетних факторів. Ці рівняння рекомендується використати для оптимізації впливу різних факторів на параметри ГХС.

**У шостому розділі** на прикладі Джарилгацької затоки Чорного моря охарактеризовано специфічний географічний об’єкт – ГХС перехідного типу, яка сформувалася у зоні змішування прісних дренажно-скидних вод Краснознаменської зрошувальної системи (мінералізація 0,6 – 0,8 г/дм3) з морськими водами (солоність до 17о/оо).

Структурно-функціональні особливості перехідних ГХС обумовлені унікальністю домінуючого системоформуючого процесу змішування двох основних типів води – гідрокарбонатно-кальцієвих континентальних і хлоридно-натрієвих морських. Цей фактор обумовлює динамічну нестабільність шельфової ГХС та значну мінливість її параметрів.

Специфічний характер даної ГХС обумовлений ще й надходженням у море забруднюючих речовин антропогенного походження (пестициди, важкі метали, біогенні, органічні речовини) зі зворотними водами рисівницьких систем.

Для вивчення процесів та основних факторів формування перехідної ГХС були проведені упродовж декількох років натурні гідрохімічні дослідження, в результаті яких було зібрано дані про особливості хімічного складу усіх типів природних вод та донних відкладів, що беруть участь у формуванні системи. Для системного аналізу використана матриця просторово-варіаційних рядів, що представлена 29 показниками, які варіюють на 49 об`єктах. Матриця такого розміру, враховуючи і набір показників, які входять в неї (колірність, прозорість, завислі речовини, рН, О2, БПК5, окислюваність, лужність, жерсткість, сухий залишок, Fе, СІ-, SО4-, NH4+, NO2-, NO3-, СПАР, НСО3-, Na+, Mn, Cu, Zn, Pb, Co, базагран, пропанід, 3,4-ДХА, сатурн, ялан), є достатньо представницькою та придатною до обробки і отримання надійних результатів.

Результати аналізу показали, що речовинно-енергетичні перетворення у системі зумовлені протіканням процесів коагуляції, комплексоутворення, осадження речовин, що надійшли з дренажно-скидними водами, вивільненням біогенних речовин за рахунок деструкції органічних речовин, нітрифікацією, адсорбцією кобальту під час осадження карбонатів у зоні змішування вод, осадженням заліза у вигляді гідроокислу, забрудненням води сполуками міді та 3,4 ДХА, утворенням комплексів цинку з гуміновими кислотами, впливом окислювально-відновної обстановки на вміст NH4+, забрудненням води пропанідом, сатурном, базаграном та яланом.

Антропогенна трансформація ГХС відбувається не тільки внаслідок забруднення моря специфічними хімічними речовинами, а й у результаті розсолонення прибережної акваторії Джарилгацької затоки. Режимні спостереження за солоністю протягом вегетаційного періоду дозволили виявити два типи її сезонної динаміки. На ділянках з активним водообміном коливання солоності на протязі вегетаційного періоду не перевищують 3,0-4,0%о, а на прибережних мілководних ділянках під впливом значних об`ємів скидних вод солоність змінюється від 12-13%о на початку поливного сезону до 1-2%о під час скиду зворотних вод з рисових чеків.

Значну роль у формуванні ГХС відіграють донні відклади, запаси яких постійно поповнюються за рахунок надходження завислих речовин зі зворотними водами. Органічні, біогенні речовини та важкі метали зосереджені, як показали дослідження, в основному у тонкодисперсних фракціях донних відкладів діаметром 0,1-0,05 і 0,05-0,01 мм. Існує потенційна загроза посилення антропогенного евтрофування, збільшення токсичності води та донних відкладів, які використовуються у лікувальних закладах Скадовської медичної зони. Ймовірність погіршення екологічної ситуації зростає у випадку різкої зміни окислювально-відновних умов водного середовища та скаламучування води під впливом сгінно-нагінних процесів.

За результатами системного аналізу виконано районування акваторії Джарилгацької затоки за умовами формування якості води (рис.4), яке може бути використано для організації системи гідроекологічного моніторингу, оптимізації її просторового вирішення;

Рис.4. Районування Джарилгацької затоки Чорного моря за умовами формування якості води. Якість води за ІЗВ: 1 – чиста (ІІ клас), 2 – помірно забруднена (ІІІ клас), 3 – забруднена (ІV клас), 4 – брудна (V клас), 5 – дуже брудна (VІ клас), 6 – фонові ділянки

Проведено дослідження впливу екзосистемних факторів на формування параметрів системи. Встановлені залежності між вмістом речовин у дренажно-скидних водах, донних відкладах (елементи управління станом ГХС) та у морській воді (керований елемент), які можуть бути використані для оптимізації гідрохімічних параметрів перехідної системи та для управління нею при проведенні водоохоронних заходів.

**У сьомому розділі** роботи виконано прогнозування можливих змін параметрів ГХС статистичним та балансовим методом.

В основу прогнозних розрахунків балансовим методом було покладено водогосподарський баланс р.Горинь. Використані дані про скидання стічних вод окремими галузями промисловості для кожного з 13 розрахункових створів (рис. 5) для вихідного рівня (1988р.), та для кінцевого прогнозного рівня (2005 р.). Для виконання статистичного прогнозу використано дані багаторічних спостережень за водним стоком та концентрацією забруднюючих речовин у воді р.Горинь.

Аналізуючи результати прогнозу, слід відзначити, що найбільшу небезпеку для забруднення вод досліджуваного регіону являють нітрати, СПАР, амонійний азот, загальний фосфор та хлориди. Середній приріст концентрацій цих речовин у басейні р.Горинь складатиме відповідно 28,3, 28,2, 18,7, 15,1, 11,4%.

Тенденція росту забруднення річок басейну хімічними речовинами чітко виражена у створах №11 (р.Случ), №10 (р.Случ), №6 (р.Устя), №3 (р.Вілія).

Середній приріст концентрацій всіх прогнозних речовин, серед яких Cl-, SO42-, NH4+, NO3-, БСК5, СПАР,Cr, Cu, Fe, Рзаг. складатиме по цих створах відповідно 19,9, 19,3, 18,5, 16,2%.

Сказане дозволяє зробити висновок про подальшу антропогенну трансформацію даної гідрохімічної системи з домінуванням процесів евтрофування та засолення природних вод.

Рис 5. Схема розміщення розрахункових створів для прогнозу параметрів ГХС р.Горинь

**ВИСНОВКИ**

1. З метою поглибленого вивчення просторово-часової направленості та причинної обумовленості речовинно-енергетичних потоків та фізико-хімічних процесів у поверхневих водах, які формують їх хімічний склад та обумовлюють придатність для різних видів водокористування і функціонування водних екосистем було виконано обґрунтування, розробку, апробацію та прикладне застосування науково-теоретичних та методологічних засад дослідження хімічного складу природних вод як гідрохімічних систем (ГХС).

2. В рамках теоретичного обґрунтування даного напрямку гідрохімічних досліджень в роботі були вирішені наступні задачі:

- виконано дефініцію, графічну та математичну формалізацію ГХС, виходячи з концепцій багатофакторності формування хімічного складу природних вод та функціональних геосистем, розвинутих в другій половині XX століття;

- розглянуто основні властивості, функції та структури ГХС;

- узагальнено характеристику речовинно-агрегатного та компонентного складу ГХС на сучасному етапі еволюції природних вод;

- описано типові процесно-функціональні структури ГХС;

- розроблено ієрархічну класифікацію рівнів горизонтальних та вертикальних структур ГХС;

- виконано типізацію ГХС як процесно-функціональних речовинно-енергетичних структур гідрологічних об’єктів;

* встановлено, що ГХС є своєрідною просторово-часовою формою існування і руху матерії, тому динамічний стан системи, який обумовлюється нестабільністю зовнішніх системоформуючих факторів, є її природною властивістю;

- виявлено циклічний характер розвитку ГХС як закономірну мінливість у часі форм існування та концентрацій хімічних речовин у водному середовищі, що обумовлюється циклічністю природних факторів, інтегральною характеристикою впливу яких на параметри ГХС є водний стік;

- охарактеризовано стійкість ГХС, що визначається як її здатність функціонувати на певному рівні, не виходячи за рамки критичних значень параметрів її компонентів, зберігати рівноважний стан протягом певного часу за умови стабільності впливу природних та антропогенних факторів її формування.

3. Розроблено основи методології дослідження процесів формування хімічного складу та якості природних вод, яка базується на методах системного аналізу і концепціях про багатофакторність формування хімічного складу та гідрохімічні системи природних вод. Дана методологія логічно поєднує сучасні методи дослідження як системи в цілому, так і окремих її компонентів і дозволяє вирішувати наступні задачі:

- виявлення та ідентифікація факторів формування ГХС;

- моделювання впливу антропогенних факторів на формування ГХС методами мультиваріаційної статистики;

- виявлення просторових, процесно-функціональних та речовинно-агрегатних структур ГХС;

-дослідження територіальної структури ГХС та її візуалізація у вигляді процесно-функціональної моделі чи карти районування;

- прогнозування розвитку системи;

- розробка рекомендації для прийняття управлінських рішень, в тому числі щодо оптимізації і стабілізації гідрохімічних процесів у системі.

4.Апробація теоретико методологічних розробок для дослідження ГХС здійснена на водних об’єктах України під час виконання науково-дослідних робіт, пов’язаних з вирішенням важливих водогосподарських проблем, в результаті чого були отримані наступні практично значимі результати:

- досліджено структуру факторів формування гідрохімічної регіональної макросистеми природних вод Житомирського Полісся; виявлено, що формування параметрів системи відбувається під впливом п’яти основних факторів: дифузного надходження мінеральних солей, біогенних та органічних речовин з поверхні водозбору, ерозійно-дефляційних процесів, що сприяють вилуговуванню мінералів гірських порід та винесенню у річкову мережу забруднюючих речовин, впливу меліоративних заходів на перебіг фізико-хімічних процесів і трансформування типу вод, впливу стічних вод та надходження отрутохімікатів.

- за результатами факторного та кореляційного аналізу параметрів ГХС розроблено структурно-функціональну модель системи, яка характеризує як фактори формування системи, так і процеси, що ними обумовлені;

- виконано районування регіональної гідрохімічної макросистеми Житомирського Полісся за умовами формування хімічного складу та якості води;

- розроблено рекомендації щодо покращення стану якості води та підвищення ефективності гідроекологічного моніторингу поверхневих вод Житомирського Полісся;

- досліджено особливості гідрохімічних систем річок лісостепової та степової зон України та виконано рекомендації щодо їх оптимізації з використанням результатів багатофакторного моделювання впливу антропогенних чинників на формування параметрів гідрохімічних систем;

- на основі системного аналізу гідрохімічної системи перехідного типу (Джарилгацька затока) виявлено головні причини погіршення еколого-гідрохімічної ситуації в Скадовській курортній зоні;

- встановлено, що структурно-функціональні особливості системи обумовлюються не тільки змішуванням гідрокарбонатно-кальцієвих континентальних і хлоридно-натрієвих морських вод а й складним комплексом процесів, направлених на стабілізацію порушеного стану ГХС внаслідок забруднення моря зворотними водами рисівницьких систем, які містять, окрім розчинених мінеральних солей, ще й значні кількості пестицидів, важких металів, біогенних, органічних та завислих речовин;

- виявлено, що речовинно-енергетичні перетворення у системі зумовлені протіканням процесів коагуляції, комплексоутворення, осадження речовин, що надійшли з дренажно-скидними водами, вивільненням біогенних речовин за рахунок деструкції органічних речовин, нітрифікацією, адсорбцією кобальту під час осадження карбонатів у зоні змішування вод, осадженням заліза у вигляді гідроокислу, забрудненням води сполуками міді та 3,4 ДХА, утворенням комплексів цинку з гуміновими кислотами, впливом окислювально-відновної обстановки на вміст NH4+, забрудненням води пропанідом, сатурном, базаграном та яланом;

- встановлено, що антропогенна трансформація ГХС відбувається не тільки внаслідок забруднення моря специфічними хімічними речовинами, а й у результаті розсолонення прибережної акваторії Джарилгацької затоки від 1,1 до 20,0 разів;

- на основі результатів досліджень показано, що накопичення у прибережній частині затоки у воді та донних відкладах біогенних компонентів, мікроелементів та токсичних речовин є свідченням потенційної загрози посилення антропогенного евтрофування прибережних ділянок, збільшення токсичності води та донних відкладів, які використовуються у лікувальних закладах Скадовської медичної зони;

- виконане районування акваторії Джарилгацької затоки за результатами системного аналізу може бути використано для організації системи гідроекологічного моніторингу, оптимізації її просторового вирішення;

- встановлені залежності між вмістом речовин у дренажно-скидних водах (елемент управління станом ГХС) та у морській воді (керований елемент) можуть бути використані для оптимізації гідрохімічних параметрів перехідної системи та для управління нею при проведенні водоохоронних заходів.

- на прикладі гідрохімічної макросистеми р. Горині було апробовано статистичні та балансові підходи до прогнозування параметрів гідрохімічних систем; результати прогнозування впроваджено в розробку технічного проекту поповнення підземних вод в районі Гощанського водозабору м. Рівне.

5. Впровадження теоретико-методологічних розробок дослідження процесів формування хімічного складу та якості поверхневих вод в практику водогосподарських організацій підтвердило ефективність їх використання для вирішення важливих гідроекологічних проблем України.

##### СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ АВТОРА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

###### Монографії, навчальний підручник та посібник

1. Малі річки України/ За редакцією А.В.Яцика/.-К.: Урожай, 1991. – 294 с. (С.І.Сніжком написані у співавторстві з В.І.Пелешенком, Д.В.Закревським, А.П.Чернявською, В.К.Хільчевським розділи: 4.1.2, 4.1.3, 4.2.1, 4.2.2, 4.3.1, 4.3.3).
2. Використання осадів стічних вод у сільськогосподарському виробництві/–К.:ВПЦ “Київський університет”, 1997. -130с.(співавтори Хільчевський В.М., Савицький В.М., Чеботько К.О., Курінний І.Л.).
3. Гідрохімія та радіогеохімія річок і боліт Житомирської області/За редакцією С.І.Сніжка, О.О.Орлова. –Житомир: Волинь, 2002. –264 с. (співавтори Орлов О.О., Закревський Д.В., Пелешенко В.І., Шищенко П.Г., Олійник Я.Б., Костриця М.Ю., Самойленко В.М., Тавров Ю.С.)
4. Оцінка та прогнозування якості природних вод. Підручник. –К.: Ніка-Центр, 2001. –264 с.
5. Інженерна гідрохімія. Навчальний посібник.–К: ВПЦ “Київський університет”, 2001.–105 с.

###### Cтатті

1. Взаємозв`язок між витратами та мінералізацією води річок басейну Дніпра// Вісн. Київ. ун-ту. Сер. Географія. –1990. -Вип.32. -С. -25-30 (співавтори Закревський Д.В., Шевчук І.О.).
2. Дослідження умов формування стоку хімічних компонентів у басейні малої річки// Меліорація і водне господарство. –1990. -Вип.73. - С.37-42 (співавтори Пелешенко В.І., Закревський Д.В., Гребень В.В.).
3. Надходження біогенних елементів з атмосферними опадами та їх розподіл в басейні Дніпра// Вісн. Київ. ун-ту. Сер. Географія. – 1993. -Вип.40. -С.101-107.
4. Комплексная оценка и классификация водной экосистемы Дуная // Водные ресурсы.- 1993.- Т.20, №4.- С.552-560 (співавтори Созінов О.О., Олексієнко В.Д., Акімов І.А.,Чернявська А.П., Пелешенко В.І.).
5. Forschungsmethodik der Formierungsprozesse der Qualitaet der naturlichen Gewasser und ihre Klassifizierung nach genetischen Merkmalen// Hydrologische Vorhersagen und hydrologisch - wasserwirtschaftliche Grundlagen. UNESCO/WMO. –1994. –XXVII. -B.II. – S.777-782.
6. Формирование качества воды прибрежной акватории Черного моря в зоне влияния Краснознаменской оросительной системы// Гидробиологический журнал. -1995. -Т.31.-№5. -С.101-110 (співавтори Брагар М.С., Ларіонов Ю.В., Чеботько К.О.)
7. Концепція методики оперативного прогнозування якості води гірських річок Українських Карпат. Експрес-інформація. –К.: Центр наук.-техн. інформації Держводгоспу України. –1996. -№18 –19. – С.5-12.
8. Формування хімічного складу річкових вод зони мішаних лісів України// Водне господарство України. –1997. -№5. - С.18-20 (співавтор Закревський Д.В).
9. Розсолонення води Джарилгацької затоки// Водне господарство України. –1998. -№3. –С.5-8(співавтори Чеботько К.О., Брагар М.С., Ларіонов Ю.С.).
10. Wirtschaftlicher Mechanismus des Schutzes der Wasserressourcen der Ukraine// Hydrologische Vorhersagen und hydrologisch - wasserwirtschaftliche Grundlagen. UNESCO/WMO. –1998. – XIX. -B.I. – S. 85-90(співавтор Сніжко О.М.).
11. Формування якості води гірських річок в умовах нестійкого водного режиму// Екологічні та соціально-економічні аспекти катастрофічних стихійних явищ у Карпатському регіоні (повені, селі, зсуви). – Ужгород: ВАТ “Патент”.-1999.- С.310-313.
12. Ймовірність появи небезпечних концентрацій забруднюючих речовин у воді гірських річок під час катастрофічних паводків// Екологічні та соціально-економічні аспекти катастрофічних стихійних явищ у Карпатському регіоні (повені, селі, зсуви). – Ужгород: ВАТ “Патент”.-1999.- С.313-316.
13. Сучасні методи дослідження гідрохімічних систем // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. –2000. -Т.1. -С.67 – 69.
14. Про деякі чинники формування якості поверхневих вод басейну р.Горинь у сучасних умовах // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. –2000. - Т.1. - C.116-118 (співавтори Пелешенко В.І., Савицький В.М., Шевчук І.О.).
15. Die Wahrscheinlichkeit der Erscheinung der gefaehrlichen Schadstoffkonzentrationen im Wasser der Bergfluessen des ukrainischen Teiles des Einzugsgebietes von Tisa bei extremen Hochwassersituationen // Hydrologische Vorhersagen und hydrologisch - wasserwirtschaftliche Grundlagen. UNESCO/WMO. –2000. –XX. -B.I. – S. 759 – 763.
16. Abflussmengen der Gewaesser als integrierte Charakteristik des Einflusses natuerlicher Prozesse auf die chemische Zusammensetzung der Gewaesser und auf die Wasserguete// Hydrologische Vorhersagen und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen.UNESCO/WMO. –2000. – XXX. - S.764– 767.
17. Поняття про гідрохімічні системи та методи їх дослідження// Україна і глобальні процеси: географічний вимір. Матеріали з’їзду Географічного товариства України. - Луцьк: Вежа.- 2000.- Т.2.- С. 199-202.
18. Характеристика хімічного складу води та гідрохімічного режиму річок Житомирської області //Житомирщина на зламі тисячоліть. –Житомир: Волинь. –2000. -С. 201 – 205( співавтор Сіренький С.П.)
19. Багаторічні особливості гідрохімічного режиму річок Житомирщини та виявлення його основних тенденцій //Житомирщина на зламі тисячоліть. –Житомир: Волинь. –2000. -С. 219 – 221(співавтори Закревський Д.В., Сіренький С.П.).
20. Науково-методичні основи гідрохімічних досліджень водно-болотних екосистем // Житомирщина на зламі тисячоліть. –Житомир: Волинь. –2000. - С. 201 – 205.
21. Оцінка та картографування якості води річок Житомирської області //Житомирщина на зламі тисячоліть. –Житомир: Волинь. –2000. -С.261 – 262(співавтори Бондаренко Е.Л., Шевченко В.О., Радченко Н.Л., Сіренький С.П.).
22. Моніторинг якості води річок Житомирської області // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2000.-Т.1. –С.78-79 (співавтор Сіренький С.П.).
23. Wasserwirtschaftliche und oekologische Situation im Dnipro – Einzugsgebiet // Hydrologie und Wasserbewirtschaftung. – 2001. –Heft №1. -S.2 - 8.
24. Методика досліджень факторів формування гідрохімічних систем // Вісник Київського університету. Серія географії. -2001. -Вип.47. -С.53 - 56.
25. **Методика дослідження територіальної структури гідрохімічних систем// Картографія та вища школа.-2001. -Вип.5, -С. 67 – 73.**
26. **Апроксимація та статистичне моделювання впливу антропогенних чинників на формування гідрохімічних систем природних вод з використанням мультиваріаційних методів// Географія і сучасність. -2001. -Вип.5. -С.3 – 16.**
27. **Дослідження структури гідрохімічних систем шляхом аналізу їх часових інформаційних матриць**// **Географія і сучасність. -2001. -Вип.5. –С.16 – 25.**
28. Агропромисловий комплекс як чинник формування регіогнальної гідрохімічної системи поверхневих вод //Eкономічна та соціальна географія.-2001.-Вип.50.–С.95– 103.
29. Дослідження генетичної структури і процесів формування гідрохімічних макросистем (на прикладі водозборів Житомирської області)// Людина і довкілля. – 2001. – Вип.2. – С.102 – 110.
30. Оцінка сучасного гідрохімічного режиму та якості води річок Житомирського Полісся // Український географічний журнал. -2001. -№2. -С.65 – 70.
31. Дефініція гідрохімічної системи за функціонально-геосистемним принципом та її математична формалізація// Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. –2001. -Т.2. -С. 171-181.
32. Багаторічна мінливість стоку основних річок басейну Чорного моря// Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. –2001. –Т.2. - С. 373-379 (співавтор Куприков І.В.).
33. Мінливість та стійкість – дві характерні риси розвитку гідрохімічних систем// Захист довкілля від антропогенного навантаження. –2001. – Вип. 4(6).- С.34-38.
34. **Еколого-гідрохімічні підходи до вибору репрезентативних показників для гідроекологічного моніторингу// Географія і сучасність, 2001. Вип.6, с.31 – 39.**
35. Особливості формування процесно-функціональної структури гідрохімічної системи перехідного типу (на прикладі Джарилгацької затоки Чорного моря) // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. –2002. -Т.3. -С. 142-148.
36. **Принципи виділення територіальних структур гідрохімічних систем та встановлення їх розмірності // Картографія та вища школа.-2002. -Вип.7, -С. 56 – 61.**

*Тези доповідей*

1. Особенности формирования гидрохимической обстановки в Джарылгацком заливе Черного моря под влиянием дренажно-сбросных вод // Тезисы докладов І Республиканской научной конференции “Проблемы рационального использования, охраны и восстановления природно-ресурсного потенциала Украинской ССР“. – Черновцы: ЧГУ.-1991. -С.127 (співавтор Чеботько К.О. ).
2. Дослідження процесів формування якості води малих річок // Тезисы докладов І Республиканской научной конференции “Проблемы рационального использования, охраны и восстановления природно-ресурсного потенциала Украинской ССР“. – Черновцы: ЧГУ.-1991. - С.44-45(співавтори Пелешенко В.І., Закревський Д.В.).
3. Про методику оперативного прогнозування якості води// Тези науково-практичної конференції “Проблеми водних ресурсів та іригації земель”.- К.: Держводгосп України. –1996. -С.25.
4. Методика дослідження процесів формування якості води// Тези науково-практичної конференції “Проблеми водних ресурсів та іригації земель”.- К.: Держводгосп України. –1996. -С. 25-26.
5. Гідроекологічний стан Джарилгацької затоки Чорного моря // Тези другого з`їзду гідроекологічного товариства України. –Т.1. –К.: ИГБ АН України. –1997. –С. 46-47(співавтори Чеботько К.О., Слабчак А.К.).
6. Detection of ciclical oscillations of temporal series of flow and concentration of nutrient matters in waters of the Dnepr river basin// Abstracts of 23 General Assembly of the European Geophysical Society. -Nice, France: JAGS. –1998. Vol.16. – P.18.

АНОТАЦІЯ

**Сніжко С.І. Теорія і методи аналізу регіональних гідрохімічних систем.** – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора географічних наук за спеціальністю 11.00.07 – гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія. Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, 2002.

Сформульовано новий науковий, теоретично і методологічно обґрунтований підхід до вивчення просторово-часових полів хімічних речовин у природних водах. В гідрохімічну науку введено і формалізовано поняття про специфічне природне утворення - гідрохімічну систему. Досліджено основні властивості та функції гідрохімічних систем, виконано їх типізацію та запропоновано ієрархічну класифікацію гідрохімічних систем за їх розміром. Розроблено класифікацію вертикальних структурних рівнів гідрохімічних систем з урахуванням особливостей взаємозв’язку різних типів природних вод. Створено методологію дослідження ГХС, орієнтовану на прикладне застосування в гідрохімічних дослідженнях. Виконано комплекс досліджень регіональних гідрохімічних систем природних вод України з метою апробації теоретико-методологічних розробок.

**Ключові слова**: гідрохімічні системи, речовинно-агрегатна структура, процесно-функціональна структура, просторова структура, ієрархічна класифікація, геосистемний аналіз, факторний аналіз, кластерний аналіз, районування.

**АННОТАЦИЯ**

**Снежко С.И. Теория и методы анализа региональных гидрохимических систем. –**Ру-копись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора географических наук по специальности 11.00.07 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия. Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, 2002.

Сформулирован новый научный, теоретически и методологически обоснованный подход к изучению пространственно-временных полей химических веществ в природных водах. В гидрохимическую науку введено и формализовано понятие о специфическом природном образовании - гидрохимической системе (ГХС) - динамическом пространственно-временном и специфическом комплексе химических веществ и процессов в природных водах, благодаря которым осуществляется обмен веществами и энергией в природных водных системах.

ГХС выделена по принципу функционально-целостной геосистемы как объем пространства в пределах которого сохраняется пространственно-временная однородность параметров химического состава воды. Смысл проблемы выделения ГХС по своей сути близок к проблеме выделения однородных геологических, гидрогеохимических объектов и полей.

Исследованы основные свойства гидрохимических систем. Одним из наиболее характерных свойств является ее полиструктурность. В пределах гидрохимической системы можно выделить несколько типов одновременно существующих структур (вещественно-агрегатная, процессно-функциональная, пространственная (горизонтальная и вертикальная), которые являются проявлением самоорганизации компонентов системы под воздействием комплекса эндосистемных и экзосистемных факторов.

Вещественно-агрегатную структуру гидрохимической системы образовывают химические вещества, которые в различных формах и агрегатных состояниях находятся в воде и обеспечивают протекание физико-химических процессов как в самой воде так и вещественно-энергетический обмен между водой и смежными с нею средами.

Совокупность химических процессов в водной среде, в результате которых происходит трансформация и транспорт веществ и энергии и составляет процесно-функциональную структуру гидрохимической системы, которая формируется на основании химических связей между тысячами соединений естественного и антропогенного происхождения, которые присутствуют в природных водах.

Выполнено типизацию ГХС и предложено их иерархическую классификацию. Разработано классификацию вертикальных структурных уровней гидрохимических систем с учетом особенностей взаимосвязи различных типов природных вод.

Создано методологию исследования ГХС, основанную на геосистемном анализе. В ней сочетаются классические гидролого-гидрохимические методы исследования со статистическими методами анализа информации, что позволяет оценить параметры ГХС, выполнить ее структурный анализ с использованием мультивариационных статистических методов (факторного и кластерного анализа), установить путем корреляционного анализа эндосистемные и экзосистемые связи между компонентами системы и внесистемными образованиями, которые формируют параметры системы. Результаты этих исследований позволяют создать структурно-функциональные и пространственные модели гидрохимических систем; в случае необходимости выполнения дальнейшего прогнозирования их развития и оптимизации – создаются статистические, балансовые, или имитационные модели.

Прогнозирование параметров ГХС на основе избранной модели необходимо для разработки рекомендаций относительно ее оптимизации и стабилизации с учетом потребностей приоритетных видов местного водопользования.

С целью апробации теретико-методологических разработок выполнен комплекс исследований региональных ГХС природных вод Украины.

В результате апробации создана структурно-функциональная модель гидрохимической региональной макросистемы Житомирского Полесья, выполнено ее районирование,  разработаны рекомендации относительно улучшения состояния качества воды и повышения эффективности гидроэкологического мониторинга в пределах распространения данной системы.

Исследованы особенности ГХС лесостепной и степной зон Украины и выполнены рекомендации для их оптимизации на основании мультивариационного подхода относительно аппроксимации и моделирования воздействия антропогенных факторов на формирование параметров гидрохимическихих систем. На примере акватории шельфовой зоны Черного моря (Джарылгачский залив) исследованы трансформационные процессы в ГХС переходного типа в зоне смешивания континентальных карбонатно-кальциевых и морских хлоридно-натриевых вод. С помощью геосистемного анализа обнаружены главные факторы формирования переходной ГХС Джарылгачского залива, проведен ее структурный анализ и выполнено районирование.

На примере гидрохимической макросистемы р. Горыни апробированы статистические и балансовые подходы к прогнозированию параметров ГХС.

**Ключевые слова**: гидрохимические системы, вещественно-агрегатная структура, процессно-функциональная структура, пространственная структура, иерархическая классификация, геосистемный анализ, факторный анализ, кластерный анализ, районирование.

**АNNOTATION**

**Snizhko S.I. The theory and methods of the analysis of regional hydrochemical systems. –Manuscript**.

Thesis for a doctor of science degree in geography, specific field 11.00.07 - hydrology of land, water resources, hydrochemistry. – National Taras Shevchenko University of Kiev, Kiev, 2002.

New scientific, theoretically and methodologicalally proved approach to study of spatial - temporary fields of chemical substances in natural waters is stated. The concept on specific natural formation named as hydrochemical system (HCS) is entered and formalized in hydrochemical science.

The basic properties and functions of hydrochemical systems is investigated, them typification is executed and it is offered hierarchical. Сlassification of vertical structural levels of hydrochemical systems in view of features of interrelation of various types of natural waters іs developed. Мethodology of research HCS, focused on applied application іs created.

Сomplex of researches of regional hydrochemical systems of natural waters of Ukraine with the purpose of approving of -methodological development is executed.

Keywords: hydrochemical systems, material-modular structure, Process-functional structure, spatial structure, hierarchical classification, analysis of geosystems, factor analysis, cluster analysis.

## Для заказа доставки данной работы воспользуйтесь поиском на сайте по ссылке: <http://www.mydisser.com/search.html>





