

**Державна служба України з надзвичайних ситуацій  
Національна академія наук України  
Український гідрометеорологічний інститут**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Вченю радою Українського

гідрометеорологічного інституту

Протокол №7-П/95 від 31 жовтня 2023 р.



Директор Українського  
гідрометеорологічного інституту  
чл.-кор. НАН України

Володимир ОСАДЧИЙ  
31 жовтня 2023 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА  
навчальної дисципліни**

**ПРИРОДНІ ТА ТЕХНОГЕННІ ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ ХІМІЧНОГО  
СКЛАДУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД**

Освітньо-наукова програма **Науки про Землю**

Галузь знань **10 Природничі науки**

Спеціальність **103 Науки про Землю**

Рівень вищої освіти **Третій (освітньо-науковий)**

Освітній ступінь **Доктор філософії**

Вид дисципліни **Вибіркова**

**Викладач: Осадча Наталія Миколаївна**, доктор географічних наук, професор, старший науковий співробітник, завідувач відділу гідрохімії УкрГМІ ДСНС України та НАН України

Робочу програму навчальної дисципліни «Природні та техногенні чинники формування хімічного складу поверхневих вод» розроблено на основі освітньо-наукової програми Науки про Землю підготовки здобувачів вищої освіти освітнього ступеня Доктор філософії за спеціальністю 103 Науки про Землю та відповідних нормативних документів

Укладач:

Завідувач відділу гідрохімії,  
д.г.н., проф.

Осадча Н.М.

Осадча Наталія Миколаївна, доктор географічних наук, професор, старший науковий співробітник, завідувач відділу гідрохімії УкрГМІ ДСНС України та НАН України

Робочу програму обговорено та схвалено  
на засіданні відділу гідрохімії  
Протокол № 4 від «19» жовтня 2023 р.

Завідувач відділу

д.г.н., проф. Осадча Н.М.

Гарант освітньо-наукової програми

чл.-кор. НАН України  
Осадчий В.І.

## ВСТУП

Згідно навчального плану підготовки аспірантів, дисципліна «Природні та техногенні чинники формування хімічного складу поверхневих вод» викладається аспірантам УкрГМІ ДСНС та НАН України впродовж одного семестру обсягом 120 годин, з них 60 годин аудиторних занять (30 годин лекційних, 30 годин семінарських занять та 60 годин самостійної роботи). У курсі передбачено 2 змістових модулі та 2 модульні контрольні роботи. По закінченню семестру аспіранти здають залік.

**Мета навчальної дисципліни** «Природні та техногенні чинники формування хімічного складу поверхневих вод» полягає у формуванні в аспірантів цілісної системи знань щодо основних природних і антропогенних чинників, які обумовлюють хімічний склад поверхневих вод, їхній вплив на екологічний стан і якість води, а також методів і способів оцінки впливу.

**Основні завдання навчальної дисципліни:** формування уявлення про основні природні (гідрологічні, фізико-хімічні та гідробіологічні) процеси, що визначають вплив на формування хімічного складу вод, характеристику дії антропогенних чинників. Сутність методів визначення емісійних потоків речовин із диференціацією на точкові та дифузні джерела. Моделювання потоків окремих компонентів та розроблення заходів для компенсації негативного впливу.

**Аспірант повинен знати:** перелік прямих та опосередкованих природних чинників, що визначають хімічний склад води, встановлювати характеристики їхнього впливу, визначати кількісні параметри окремих чинників та оцінювати їхню взаємозалежність. Основи термодинамічного моделювання та розрахунку дифузійних потоків. Аспірант повинен знати сучасні методи аналітичного визначення головних іонів, біогенних елементів, органічних речовин відповідно до міжнародних стандартів. Володіти методами сепарації розчинених і завислих форм, фракційного аналізу донних відкладів

**Аспірант повинен вміти** виокремити та класифікувати природні та антропогенні фактори формування хімічного складу природних вод; провести кількісну оцінку окремих чинників, виконати термодинамічне моделювання фізико-хімічної поведінки окремих компонентів, моделювати стан карбонатно-кальцієвої рівноваги, прогнозувати трансформацію хімічного складу води за різних умов. Методи розрахунку дифузійного потоку речовин у міжфазовій взаємодії. Оцінювати вплив точкових та дифузійних джерел. Проблеми моделювання біогенного забруднення вод та розробки заходів з їх мінімізації.

**Система контролю знань та умови складання заліку.** Навчальна дисципліна «Природні та техногенні чинники формування хімічного складу поверхневих вод» оцінюється за модульно-рейтинговою системою. Вона складається з 2 модулів. Результати навчальної діяльності аспірантів оцінюються за 100-бальною шкалою, яка відповідно переводиться в національну шкалу (відмінно, добре, задовільно, незадовільно) та шкалу Європейської кредитно-трансферної системи – ЕКТС (A,B,C,D,E,FX,F). Відповідність шкал оцінювання та критерії визначення рівнів досягнень аспірантів показано в таблиці 1.

Таблиця 1

Переведення 100-бальної шкали оцінювання в національну шкалу та шкалу ЕКТС

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за національною шкалою		Оцінка за шкалою ЕКТС
	диференційована	у формі заліку	
90 – 100 (творчий рівень)	5 (відмінно)		A
85 – 89 (високий рівень)	4 (дуже добре)		B
70-79 (достатній рівень)	4(добре)	зараховано	C
65-69	3 (задовільно)		D

(задовільний рівень)			
60-64 (задовільний рівень)	3(достатньо)		E
35-59 (низький рівень)	2 (незадовільно з можливістю повторного складання)	не зараховано з можливістю повторного складання заліку/екзамену	EF
0-34 (нездовільний рівень)	2 (незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни)	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	F

Аспірант отримує підсумкову оцінку, яка розраховується як середньозважене оцінок за кожен з двох модулів у семестрі та оцінки за залік за наступною формулою:

	Змістовий модуль 1 ( $3M_1$ )	Змістовий модуль 2 ( $3M_2$ )	Залік	Разом (підсумкова оцінка)
Вагові коефіцієнти (%)	30% $k_1=0,3$	30% $k_2=0,3$	40% $k_{зал}=0,4$	100%
Максимальна оцінка в балах	100	100	100	100
Оцінка (бали)	15*	45	40	100

Розрахунок підсумкової оцінки (зваженої):

$$PO = 3M_1 \times k_1 + 3M_2 \times k_2 + KPM \times k_{зал}.$$

При оцінюванні кожного із змістових модулів враховується відвідування аспірантом аудиторних занять та виконання ним самостійних робіт, робота на семінарських заняттях, а також результати виконання модульних контрольних робіт. Оцінювання окремих видів навчальної роботи студента здійснюється у балах:

- письмові контрольні роботи – 20 балів (на семестр 2 модульні контрольні роботи по 10 балів максимум кожна);
- письмові самостійні роботи – 10 балів (на семестр 2 письмові самостійні роботи по 5 балів максимум кожна);
- усна відповідь – 20 балів (по одному балу за одну відповідь на кожному занятті);
- заохочувані бали (відвідування, підготовка рефератів) – 20 балів.

Якщо за результатами модульно-рейтингового контролю аспірант отримав середнє арифметичне за два змістовні модуля менше ніж 60 балів, то він не допускається до заліку і вважається таким, що не виконав усі види робіт, які передбачаються навчальним планом на семестр з дисципліни.

## ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛІНИ

№ п/п	Назва теоретичних блоків	Кількість годин				
		Всього	Аудиторних	Лекцій	Семінари	Самостійна робота
	<b>Модуль 1</b>	<b>60</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>30</b>
1	Вступ	2	2	2	-	-
2	Природні та антропогенні чинники формування хімічного складу вод	24	12	10	2	12
3	Європейські підходи до визначення чинників формування хімічного складу вод	34	16	8	8	18
	<b>Модуль 2</b>	<b>60</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>30</b>
4	Методи розрахунку хімічного стоку речовин на підставі даних спостереження.	24	8	6	2	16
5	Характеристика головних систем хімічних рівноваг у природних водах. Розрахунок їхнього стану. Міжфазова взаємодія.	36	22	14	8	14
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>120</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>30</b>

## ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції, семінари	самостійна робота	
<b>МОДУЛЬ 1</b>				
<b>Тема 1. ВСТУП</b>				
1	Предмет і завдання дисципліни. Основні поняття. Хімічні властивості води. Класифікації хімічного складу вод.	2	-	
<b>ТЕМА 2. ПРИРОДНІ ТА АНТРОПОГЕННІ ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ВОД</b>				
2	Природні чинники формування хімічного складу вод та методи їх визначення.	6	4	
3	Антropогенні чинники формування хімічного складу вод та методи їх визначення.	6	8	
<b>ТЕМА 3. ЄВРОПЕЙСЬКІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЧИННИКІВ ФОРМУВАННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ВОД</b>				
4	Європейські підходи до визначення чинників формування хімічного складу вод	16	18	
<b>МОДУЛЬ 2</b>				
<b>Тема 4. МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ХІМІЧНОГО СТОКУ РЕЧОВИН НА ПІДСТАВІ ДАНИХ СПОСТЕРЕЖЕННЯ</b>				
5	Методи визначення хімічного стоку речовин різного ступеню дискредитації у просторі і часі. Подолання невизначеностей.	8	16	
<b>Тема 5. ХАРАКТЕРИСТИКА ГОЛОВНИХ СИСТЕМ ХІМІЧНИХ РІВНОВАГ У ПРИРОДНИХ ВОДАХ. РОЗРАХУНОК ЇХНЬОГО СТАНУ. МІЖФАЗОВА ВЗАЄМОДІЯ.</b>				
6	Чинники, що впливають на стан карбонатно-кальцієвої рівноваги та підходи до її розрахунку.	6	2	
7	Сульфатно-кальцієва рівновага. Методи визначення трансформації іонного складу води.	4	4	
8	Кисневий режим та його вплив на формування гіпоксії. Типи окисних режимів вод України. Окисно-відновні процеси природних вод та їх вплив на форми міграції речовин із змінною валентністю.	8	4	
9	Формування потоків речовин за міжфазової взаємодії та методи їхнього розрахунку.	4	4	

Загальний обсяг 120 год.,  
 у тому числі:  
 лекції та семінари – 60 год,  
 самостійна робота – 60 год.

# **ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

## **МОДУЛЬ 1**

### **ТЕМА 1. ВСТУП**

#### **Лекція 1. Предмет і завдання дисципліни.**

Предмет, мета та завдання дисципліни. Основні визначення та поняття. Хімічні властивості води. Класифікації хімічного складу вод.

### **ТЕМА 2 ПРИРОДНІ ТА АНТРОПОГЕННІ ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ВОД**

#### **Лекція 2. Прямі природні чинники формування хімічного складу вод.**

Геологічні, педологічні чинники формування хімічного складу природних вод (вплив рельєфу, клімату, випаровування, вивітрювання ґрунтів, складу порід). Біологічні чинники формування хімічного складу природних вод.

#### **Лекція 3. Опосередковані чинники формування хімічного складу вод.**

Фізико-географічні чинники формування хімічного складу природних вод (вплив рельєфу, клімату, випаровування, вивітрювання ґрунтів). Фізико-хімічні чинники формування хімічного складу природних вод. Прояв впливу опосередкованих чинників.

#### **Лекція 4. Антропогенні чинники формування хімічного складу вод та методи їх визначення. Точкові та дифузні джерела надходження хімічних речовин.**

Антропогенні чинники формування хімічного складу природних вод (хімічний та фізичний вплив на склад вод). Поняття про точкові та дифузні джерела забруднення вод. Характеристика їхнього прояву і впливу.

### **ТЕМА 3 ЄВРОПЕЙСЬКІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЧИННИКІВ ФОРМУВАННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ВОД.**

#### **Лекція 5. Європейські підходи до визначення чинників формування хімічного складу вод.**

Методика аналізу антропогенного навантаження.

#### **Лекція 6. Оцінка ризиків недосягнення «доброго» екологічного стану від антропогенного впливу.**

Критерії ризиків для точкових джерел. Критерії ризиків для дифузних джерел. Методика розрахунку ризиків від точкових і дифузних джерел для різних типів речовин.

## **МОДУЛЬ 2**

### **ТЕМА 4. МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ХІМІЧНОГО СТОКУ РЕЧОВИН НА ПІДСТАВІ ДАНИХ СПОСТЕРЕЖЕННЯ. РОЗРАХУНОК СТАНУ ОСНОВНИХ РІВНОВАГ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД**

#### **Лекція 7. Методи визначення хімічного стоку речовин різного ступеню дискредитації у просторі і часі.**

Загальний принцип розрахунку хімічної денудації. Часові проміжки, просторовий розподіл. Методи представлення результатів. Підходи до картування.

## **Лекція 8. Подолання невизначеностей хімічного стоку речовин.**

Методи подолання невизначеностей розрахунку (класичний, метод OSPAR, ICPDR, OECD, розробки УкрГМІ).

## **ТЕМА 5. ХАРАКТЕРИСТИКА ГОЛОВНИХ СИСТЕМ ХІМІЧНИХ РІВНОВАГ У ПРИРОДНИХ ВОДАХ. РОЗРАХУНОК ЇХНЬОГО СТАНУ. МІЖФАЗОВА ВЗАЄМОДІЯ**

### **Лекція 9. Карбонатно-кальцієва рівновага – основна рівновага поверхневих вод України.**

Поняття про карбонатно-кальціеву рівновагу, причини виникнення. Загальна характеристика основних компонентів карбонатно-кальцієвої рівноваги. Константи рівноваги.

### **Лекція 10. Методи розрахунку карбонатно-кальцієвої рівноваги.**

Розрахунок карбонатно-кальцієвої системи на підставі констант рівноваги та даних хімічного аналізу вод. Поняття про індекс насыщеності води. Методи розрахунку карбонатно-кальцієвої рівноваги.

### **Лекція 11. Сульфатно-кальцієва рівновага. Методи визначення трансформації іонного складу води.**

Поняття про сульфатно-кальціеву рівновагу. Методи її розрахунку та територіальний прояв у водах України. Трансформація іонного складу води та методи її визначення. Просторовий прояв в межах України.

### **Лекція 12. Кисневий режим та його вплив на формування гіпоксії. Типи окисних режимів вод України.**

Поняття кисневого режиму та чинники, які на нього впливають. Гіпоксія. Типи кисневих режимів у водах України та методи їх розрахунку.

### **Лекція 13. Окисно-відновні процеси природних вод та їх вплив на форми міграції речовин із змінною валентністю.**

Поняття про окисно-відновні процеси. Розрахунок окисних і закисних форм заліза і манганду. Розрахунок форм міграції сполук нітрогену.

### **Лекція 14. Формування потоків речовин за міжфазової взаємодії та методи їхнього розрахунку**

Поняття про молекулярну та конвективну дифузію. Закони Фіка. Розрахунок дифузного потоку речовин із донних відкладів.

#### IV. Навчально-методична карта дисципліни (2023 р.)

Всього 120 годин, лекції – 30 годин, семінари – 30 годин, самостійна робота – 60 годин, іспит.

Тиждень							
Модуль				Модуль 1			
Лекція	I	II	III	IV	V	V	VI-VII
Дата	17.01	24.01, 31.01	07.02	14.02, 21.02	6-7	8	9
Теорет. розділ	Природні та антропогенні чинники формування хімічного складу вод	Європейські підходи до визначення чинників формування хімічного складу вод		Методи розрахунку хімічного стоку речовин на підставі даних спостереження.			
Тема лекції							
I. Поняття хімічного загрози та її види							
II. Основні методи розрахунку хімічного стоку речовин							
III. Актуальні проблеми розвитку хімічного моніторингу та екологічної політики в Україні							
IV. Вивчення хімічного загрози та її впливу на навчальний процес							
V. Вивчення хімічного загрози та її впливу на навчальний процес							
VI. Вивчення хімічного загрози та її впливу на навчальний процес							
VII. Вивчення хімічного загрози та її впливу на навчальний процес							
VIII. Вивчення хімічного загрози та її впливу на навчальний процес							

Самост. робота	Вивчення програмного матеріалу
Види контролю	<p>Контрольна робота № 1</p> <p>Контрольна робота № 2</p>

## **РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

### **Основна**

1. Бек М. Химия равновесий реакций комплексообразования / М. Бек ; [пер. с английского]. – М. : Мир.– 1973.– 420 с.
2. Гаррелс Р. М. Растворы, минералы, равновесия / Р. М. Гаррелс, Ч. А. Крайст. – М. : Мир, 1982. – 367 с.
3. Дривер Дж. Геохимия природных вод / Дривер Дж. ; пер. с англ. – М. : Мир, 1985. – 440 с.
4. Линник П. Н. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах / П. Н. Линник, Б. И. Набиванец. – Л. : Гидрометеоиздат, 1986. – 269 с.
5. Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. Основи гідрохімії. - К.: Ніка-Центр, 2012. - 300 с.
6. Allison J. D. MINTEQA2/PRODEFA2, a geochemical assessment model for environmental systems: Version 3.0 user's manual. / J. D. Allison, D. S. Brown, K. J. Novo-Gradac // U. S. Environmental Protection Agency. – Athens : GA, 1990. – 106 p.
7. Arnold J. G., Kiniry J. R., Srinivasan R., Williams J. R., Haney E. B. Neitsch S. L. Soil and Water Assessment Tool Input/output file documentation Version 2009. Water Resources Institute, Texas A&M University System, College Station, Texas, USA, 2011.
8. Dodds W. K. Freshwater ecology: concepts and environmental applications. Academic Press, 2002.
9. Malago A., Venhor M., Gericke A., Vigiak O., Bouraoui F., Grizzetti B., Kovacs A. Modelling nutrient pollution in the Danube River Basin: a comparative study of SWAT, MONERIS and GREEN models: Joint Research Centre technical reports (JRC99193). 2015. doi:10.2788/156278.
10. Osadchy V., Nabyvanets B., Linnik P., Osadcha N., Nabyvanets Ju. Processes Determining Surface Water Chemistry, -Springer, 2016.- 240 p
11. Salomons W. Metals in the hydrocycle / W. Salomons, U. Förstner. – Berlin, Heidelberg: Springer–Verlag, 1984. – 352p.
12. Venohr M., Hirt U., Hofmann J. et all Modelling of Nutrient Emissions in River Systems – MONERIS – Methods and Background/ Internat. Rev. Hydrobiol. **96** 2011 5 435–483

### **Додаткова**

1. Адамсон А. Физическая химия поверхностей / А. Адамсон ; [пер. с англ. Канд. хим. наук И. Г. Абидора]. – М. : Изд. “Мир”, 1979. – 568с.

2. Айвазян С. А. Прикладная статистика. Исследование зависимостей / Айвазян С. А., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д. – М. : Финансы и статистика, 1985. – 487 с.
3. Алекин О. А. Сток растворенных веществ с территории СССР / О. А. Алекин, Л. В. Бражникова. – М. : Наука, 1964. – 144 с.
4. Алекин О. А. Факторы, нарушающие пресыщенность растворов карбоната кальция / О. А. Алекин, Н. П. Моричева // Гидрохимические материалы. – 1964. – Т. 37. – С. 42–48.
5. Аналітична хімія поверхневих вод / Б.Й.Набиванець, В.І.Осадчий, І.М.Осадча та ін. – К.: Наукова думка, 2007. – 455 с.
6. Варшал Г. М. О состоянии минеральных компонентов в поверхностных водах / Г. М. Варшал // Проблемы аналитической химии. Методы анализа природных и сточных вод. – М. : Наука, 1977. – Т. 5. – С. 94–107.
7. Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ / [Денисова А. И., Тимченко В. М., Нахшина В. М. и др.]. – Киев : Накова думка, 1989. – 216 с.
8. Гідрохімічний довідник / В.І.Осадчий, Б.Й.Набиванець, Н.М.Осадча, Ю.Б.Набиванець. – К.: Ніка-Центр, 2008. – 655.
9. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СРСР / М.А.Глазовская. – М.: Высшая школа, 1988. – 328 с.
10. Горев Л. Н. Гидрохимические равновесия / Л. Н. Горев, В. И. Пелешенко. – К. : изд. КГУ, 1979. – 111с.
11. Гріссбах Р. Теория и практика ионного обмена / Р. Гріссбах. – М. : Іностр. лит., 1963. – 499с.
12. Елпатьевский П. В. Геохимия миграционных потоков в природных и природно-техногенных геосистемах / П. В. Елпатьевский. – М. : Наука, 1993. – 253 с.
13. Крайнов С. Р. Геохимические модели прогноза формирования качества подземных вод / С. Р. Крайнов // Водные ресурсы. – 1999. – Т. 26. – № 3. – С. 322–334.
14. Крайнов С. Р. Гидрогеохимия / С. Р. Крайнов, В. М. Швец. – М. : Недра, 1992. – 462 с.
15. Осадчий В. І. Методологічні основи дослідження чинників та процесів формування хімічного складу поверхневих вод України : автореф. дис. докт. геогр. наук. : спец. 11.00.07 “Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія” / В. І. Осадчий. – К., 2008.– 32 с.
16. Сніжко С. І. Теорія і методи аналізу регіональних гідрохімічних систем / С. І. Сніжко. – К. : Ніка-Центр, 2006. – 283 с.

17. Moriasi D. N., Arnold J. G., Van Liew M.W., Bingner R. L., Harmel R. D., Veith T. L. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Am. Soc. Agric. Biol. Eng.* 2007. Vol. 50 (3). P. 885–900.
18. Osadchy V. Modelling of trace metal migration forms in water of the Dnieper reservoirs / V. Osadchy, N. Osadcha, Yu. Nabyvanets // *Ekologija* (Vilnous). – 2003. – N2. – P.63–67.