

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ КОЛОЇДНОЇ ХІМІЇ ТА ХІМІЇ ВОДИ
ІМ. А. В. ДУМАНСЬКОГО**

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою

Інституту колоїдної хімії та хімії води
ім. А. В. Думанського НАН України

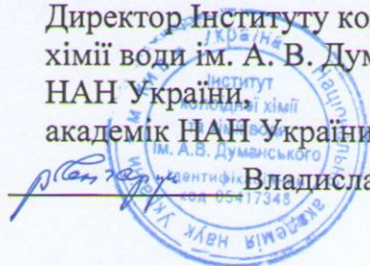
Протокол № 2

від «31» січня 2025 р.

Директор Інституту колоїдної хімії та
хімії води ім. А. В. Думанського
НАН України,

академік НАН України

Владислав ГОНЧАРУК



**ПРОГРАМА
навчальної дисципліни**

«Технології водопідготовки та водоочищення»

**ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ
РІВЕНЬ ОСВІТИ
КВАЛІФІКАЦІЯ**

**10 – ПРИРОДНИЧІ НАУКИ
102 – ХІМІЯ
ТРЕТІЙ (ОСВІТНЬО-НАУКОВИЙ)
ДОКТОР ФІЛОСОФІЇ**

КИЇВ – 2025

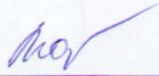
РОЗРОБНИК РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ:

Заст. директора з наукової роботи, старший науковий співробітник відділу хімії, фізики та біології води, д-р. хім. наук., ст. наук. співроб **Мельник Людмила Олексіївна**



Програму затверджено на засіданні Вченої ради
Інституту колоїдної хімії та хімії води
ім. А. В. Думанського НАН України
протокол № 2 від « 31 » січня 2025 року

Вчений секретар



Людмила ЮРЛОВА

ВСТУП

Програму навчальної дисципліни за вибором аспіранта **«Технології водопідготовки та водоочищення»** складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки **«доктор філософії»** в галузі природничих наук за спеціальністю **102 – «Хімія»**.

Предметом вивчення навчальної дисципліни **«Технології водопідготовки та водоочищення»** є сучасні технологічні процеси підготовки води питного призначення, які забезпечують одержання води, що відповідає нормативним показникам, із використанням різних джерел водопостачання.

Міждисциплінарні зв'язки: Навчальна дисципліна **«Технології водопідготовки та водоочищення»** згідно з навчальним планом належить до переліку дисциплін за вибором аспіранта, яка викладається в рамках циклу професійної підготовки аспірантів зі спеціальності **102 – «Хімія»** на третьому році навчання.

Матеріал курсу забезпечує загальний та професійний розвиток аспіранта, слугує основою для самостійної експериментальної роботи, формує поглиблені знання в області сучасних технологій водопідготовки та водоочищення, а також комплекс умінь та навиків, необхідних для обґрунтованого вибору технологій водоочищення в залежності від вихідного складу води та вимог до якості кінцевого продукту.

1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1.1. Метою навчальної дисципліни є формування у аспірантів комплексу знань щодо сучасних технологій водопідготовки та водоочищення, надання базових знань про основні та альтернативні джерела питного водопостачання, загальні гігієнічні вимоги до якості питної води, формування умінь та компетенцій для обґрунтованого вибору та проектування технологій водоочищення в залежності від вихідного складу води.

Оволодіння програмою курсу сприятиме виконанню аспірантами завдань в рамках їх дисертаційної роботи та при дослідженнях з інших навчальних дисциплін, а також в подальшій науковій роботі. Матеріал курсу допоможе при аналізі інформаційних джерел, підготовці дисертаційної роботи, статей, доповідей на науково-практичних конференціях.

1.2. Основні завдання навчальної дисципліни:

- Ознайомлення з основними фізико-хімічними та біологічними показниками якості води;
- Ознайомлення з нормативними документами (ДСТУ, СанПіН) щодо якості питної води та джерел питного водопостачання;
- Засвоєння знань щодо впливу окремих компонентів питної води на здоров'я людини, ознайомлення з поняттям фізіологічної повноцінності питної води;
- Засвоєння відмінностей між вимогами до питної води та води, що використовується для різних технологічних потреб;
- Формування сутності альтернативних джерел водопостачання;
- Вивчення основних технологічних процесів очищення природних вод з метою досягнення нормативних значень за різними фізико-хімічними показниками;
- Ознайомлення з сучасними технологіями знезаражування води;
- Ознайомлення з традиційними та альтернативними технологічними схемами підготовки питної води із природних джерел різної якості.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми аспіранти після засвоєння навчальної дисципліни повинні:

знати:

- Основні фізико-хімічні, біологічні та бактеріологічні показники якості води;
- Вимоги до якості води питного призначення та вод для різних технологічних потреб;
- Основні процеси освітлення та знебарвлення води, процеси знезараження води, процеси очищення води від індивідуальних хімічних речовин;
- Основні реагенти та технології пом'якшення води;
- Процеси знесолення води.

вміти:

- визначати за набором показників придатність конкретного джерела води для потреб питного водопостачання;
- визначити необхідність та спосіб коригування хімічного складу води для підготовки води відповідної якості.

В рамках даної дисципліни поглиблюються і розвиваються такі компетенції:

Універсальні компетенції:

- здатність до критичного аналізу, оцінки наявних знань, синтезу нових та складних ідей на основі логічних аргументів та експериментально перевірених фактів;
- здатність застосовувати творчий підхід до вирішення проблем очищення води при використанні джерел водопостачання різної якості;
- здатність генерувати нові ідеї у сфері водоочищення та водопідготовки, знаходити оптимальні рішення в нових умовах та ситуаціях.

Загальнопрофесійні компетенції:

- здатність самостійно здійснювати науково-дослідницьку діяльність в галузі технологій очищення води;
- комплексність у підході до володіння інформацією щодо сучасного стану

технологій водоочищення та водопідготовки та сучасного рівня вимог до якості питної води;

- здатність до пошуку та аналізу інформації з різних джерел.

Професійні компетенції:

- здатність планувати та технічно організувати проведення експериментальних досліджень в галузі водоочищення та водопідготовки з метою отримання нових знань;
- здатність обробляти, аналізувати та узагальнювати результати експериментальних та теоретичних досліджень у вигляді наукових публікацій.

2. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 120 академічних годин/4 кредити ЄКТС.

Модулі дисципліни і види занять.

№	Модулі дисципліни	Кількість кредитів ЄКТС	Обсяг навчальної роботи (в годинах)						Вид підсумкового контролю
			загальний обсяг	всього аудиторних	лекції	практичні	семінари	самостійна робота	
1	Основні фізико-хімічні та біологічні показники якості води	1	30	4	4	-	-	26	
2	Основні технологічні процеси підготовки питної води	3	90	30	16	14	-	60	

	Разом	4	120	34	20	14	-	86	Екзамен
--	--------------	----------	------------	-----------	-----------	----	---	----	----------------

Теми практичних робіт

№ п/п	Назва роботи	Кількість годин
1	Освітлення та знебарвлення поверхневої води в процесі мікрофільтраційної обробки	2
2	Очищення природної води від ПОС в процесі фільтрації через вугільний фільтр	4
3	Зм'якшення води в процесі іонообмінної обробки	2
4	Зм'якшення води в процесі нанофільтраційної обробки	2
5	Дослідження процесу знесолення модельних розчинів і реальної води в процесі нанофільтраційної та зворотноосмотичної обробки	4
Разом по практичних роботах		14

МОДУЛЬ 1. Основні фізико-хімічні та біологічні показники якості води

Тема 1. Характеристика природних вод як джерела водопостачання.

Фізико-хімічні показники якості природних вод.

Біологічні і бактеріологічні показники якості природних вод.

Системи класифікації природних вод.

Класифікація домішок і забруднень води на основі їх фазово-дисперсного стану по методу академіка Кульського Л.А.

ДСТУ 4808 “Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні і екологічні вимоги щодо якості води та правила вибирання”.

Класифікація якості поверхневих вод України – джерел централізованого питного водопостачання за гігієнічними і екологічними критеріями.

Альтернативні джерела питного водопостачання.

Тема 2. Основні нормативні показники якості питної води.

ДСТУ 7525-2014 “Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості”.

ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною".

Поняття про фізіологічну повноцінність питної води.

Сучасні уявлення про шкідливість використання глибоко знесоленої води для питних цілей.

Вплив окремих компонентів питної води на здоров'я людини.

Вимоги до якості води різного призначення.

МОДУЛЬ 2. Основні технологічні процеси підготовки питної води

Тема 3. Освітлення та знебарвлення води.

Безреагентні та реагентні методи освітлення та знебарвлення води.

Фізико-хімічні основи очистки води коагулюванням.

Використання флокулянтів в процесах освітлення та знебарвлення води.

Основні типи коагулянтів та флокулянтів.

Контактна коагуляція. Електрокоагуляція.

Основи флотаційної очистки води.

Тема 4. Знезараження води.

Реагентні методи знезараження води. Основні переваги та недоліки.

Побічні продукти знезараження води в процесі хлорування та озонування.

Безреагентні методи знезараження води.

Новітні процеси знезараження води “зеленими” реагентами.

Тема 5. Методи пом'якшення води.

Технології реагентного пом'якшення води: вапняне, содове, лужне та фосфатне пом'якшення води.

Комбіновані методи пом'якшення води.

Іонообмінне пом'якшення води.

Пом'якшення води в процесі нанофільтрації.

Тема 6. Мембранні процеси очищення води.

Основи мембранних процесів. Типи мембран та мембранних апаратів.

Мікрофільтрація та ультрафільтрація в процесах освітлення та знебарвлення природних вод.

Знесолення води методами нанофільтрації, зворотного осмосу та електродіалізу.

Основні вимоги до води, що подається в електродіалізні та баромембранні установки.

Гібридні технології очищення води на основі мембранних процесів.

Тема 7. Очищення води від сполук заліза та мангану

Безреагентні та реагентні методи знезалізення води;

Безреагентні та реагентні методи деманганування води.

Тема 8. Кондиціонування якості питної води за вмістом специфічних речовин природного походження.

Видалення сполук бору борселективними сорбентами та в процесі мембранної обробки.

Видалення сполук арсену сорбційними та мембранними методами. Інтенсифікація процесу шляхом попереднього окиснення арсеніту до арсенату.

Сорбційні, іонообмінні та мембранні методи дефторування води.

Фторування води. Гігієнічні нормативи вмісту фториду у воді питного призначення.

Тема 9. Методи усунення запахів та присмаків води.

Аерування води.

Окислювальні методи.

Сорбційні методи дезодорації води.

Активоване вугілля – як найбільш перспективний сорбент для покращення органолептичних показників якості води.

Тема 10. Сучасні технологічні схеми підготовки питної води

Традиційні технологічні схеми одержання питної води.

Альтернативні технологічні схеми одержання питної води.

Біологічна стабільність води та шляхи її досягнення.

3. ФОРМА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ УСПІШНОСТІ НАВЧАННЯ

Екзамен.

4. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ЗДОБУТКІВ АСПІРАНТА З ДИСЦИПЛІНИ

Контроль навчальних досягнень аспірантів реалізується за наступною схемою. Оцінюються наступні складники:

- Аудиторна робота аспіранта (письмова модульна контрольна робота МКР по лекційному матеріалу) – 20 б;
- Робота на практичних заняттях (усне опитування, участь в обговоренні дискусійних питань) – 20 б;
- Самостійна робота (реферат) – 20 б;
- Екзамен – 40 б.

МКР виконується звичайно в середині навчального курсу, якщо підсумковий контроль передбачає екзамен. МКР оцінюється наступним чином:

- «відмінно» (20 б) - відповіді на питання чіткі та правильні, повні, обґрунтовані;
- «добре» (15 б) – відповіді правильні, обґрунтовані, але не вичерпні (містять не менше 75% потрібної інформації), є несуттєві помилки у формулах, термінології, технічних характеристиках;

- «задовільно» (10 б) – відповіді неповні (містять менше 60% необхідної інформації);
- «незадовільно» (5 б) – відповіді носять загальний поверхневий характер, завдання не розв'язані, є помилки у формулах, термінології, технічних характеристиках;
- неявка на МКР – 0 балів.

Усне опитування оцінюється за наступними критеріями (на першому занятті викладач повинен озвучити кількість опитувань та максимальну кількість балів, які можна отримати за кожне опитування, наприклад, 5 опитувань по 2 бали):

- відповідність змісту відповіді поставленим питанням;
- повнота і ґрунтовність викладення матеріалу;
- коректність у формулах, термінології, технічних характеристиках;
- здатність на основі викладеного матеріалу зробити висновки та прогнозування проблеми.

Участь в обговоренні дискусійних питань має продемонструвати знання матеріалів лекцій, практичних занять, обов'язкової літератури та точку зору аспіранта з дискусійного питання й аргументацію щодо неї. Вона оцінюється за наступними критеріями (на першому занятті викладач повинен озвучити кількість обговорень та можливі бали за кожне з них, наприклад, 2 дискусії по 5 балів):

- знання матеріалу теми (поняття, концепції, методи, світова практика);
- певні практичні навички (знання відповідних методик та методів наукових досліджень);
- грамотність та самостійність у формулювання тверджень, висновків та прогнозів;
- аргументованість та вміння відстояти свою точку зору.

Самостійна робота аспіранта, результатом якої є написання реферату – 20 балів. Реферат – розробка теми на основі поглибленого вивчення літературних джерел до неї. Реферат оцінюється за наступними критеріями:

- чіткість і послідовність викладення матеріалу відповідно до самостійно складеного плану (у текстовій частині кожне питання плану має бути виділено окремо);

- правильність та логічність цитувань, ґрунтовність їх узагальнення та висновків, зроблених на основі вивчення літератури загалом;
- наявність і правильне оформлення списку літератури (з точними бібліографічними даними), яку аспірант вивчив і використав при написанні реферату.

У рефераті мають бути відображені головні питання теми і показано вміння відбирати найважливіший та актуальний матеріал, що стосується теми (4 б); переконливо обґрунтовувати і аргументувати головні положення роботи (4 б); викладати питання грамотно, стисло, ясно, послідовно (4 б); робити правильні логічні висновки, узагальнення, прогнозування проблеми (4 б); правильно оформлювати реферат та список використаної літератури, відповідно до вимог викладача дисципліни (4 б). Якщо передбачається публічний захист реферату, викладач повідомляє про це на першому занятті.

Аспірант вважається допущеним до підсумкового контролю – екзамену, якщо він виконав усі види робіт, що передбачені робочою програмою навчальної дисципліни.

Загальна оцінка за екзамен по білету підраховується як сумарна кількість оцінок, отриманих за кожне питання білета (в тому числі й додаткове). Кількість питань білеті – 2.

Шкала та критерії оцінювання відповіді аспіранта за екзамені:

- «відмінно» (20 б) – аспірант глибоко і всебічно знає зміст запитання, орієнтується в актуальній науковій літературі; логічно мислить і будує відповідь, вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі та відповіді на питання; пов'язує матеріал дисципліни з сучасними науковими проблемами; демонструє високий рівень компетентності; здатний передбачати, прогнозувати, вирішує проблемні завдання;

- «дуже добре» (19-16 б) – аспірант правильно, логічно відтворює навчальний матеріал, розуміє основоположні теорії і факти; вміє наводити окремі власні приклади на підтвердження певних думок, застосовує вивчений матеріал у стандартних ситуаціях, частково робить висновки та прогнози;

- «добре» (15-10 б) – аспірант знає навчальний матеріал; послідовно викладає матеріал та висловлює свої міркування по тематиці питання, але припускається певних неточностей, помилок та похибок;

- «задовільно» (9-4 б) – аспірант в основному знає зміст питання, але непереконливо відповідає, плутає поняття; невпевнений у відповіді, допускає неточності; не вміє оцінювати факти та явища, встановлювати взаємозв'язок теорії та практики;

- «незадовільно» (3-1 б) – аспірант не може розкрити суть питання; відповідає лише з допомогою екзаменатора; слабо орієнтується в теорії та сучасному стані проблеми;

- 0 б – неявка на екзамен.

Максимальний бал аспіранта за навчальну дисципліну становить 100 балів. До індивідуального плану вноситься сумарна кількість балів, отримана аспірантом за навчальну дисципліну у графу «Сума балів».

5. ПИТАННЯ ЕКЗАМЕНАЦІЙНИХ БІЛЕТІВ

1. Характеристика природних вод як джерела водопостачання. Системи класифікації природних вод.
2. Фізико-хімічні показники якості природних вод.
3. Біологічні показники якості природних вод.
4. Класифікація домішок і забруднень води на основі їх фазово-дисперсного стану по методу академіка Кульського Л.А.
5. Вимоги до якості води різного призначення.
6. ДСТУ 4808 “Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні і екологічні вимоги щодо якості води та правила вибирання”. Класифікація якості поверхневих вод України – джерел централізованого питного водопостачання за гігієнічними і екологічними критеріями.

7. Основні нормативні показники якості питної води. ДСТУ 7525-2014 “Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості”. ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною".

8. Поняття про фізіологічну повноцінність питної води. Сучасні уявлення про шкідливість використання глибоко знесоленої води для питних цілей.

9. Вплив окремих компонентів питної води на здоров'я людини.

10. Методи освітлення та знебарвлення води.

11. Фізико-хімічні основи очистки води коагулюванням.

12. Контактна коагуляція. Електрокоагуляція.

13. Використання флокулянтів в процесах освітлення та знебарвлення води.

14. Основи флотаційної очистки води.

15. Реагентні методи знезараження води. Основні переваги та недоліки.

16. Безреагентні методи знезараження води.

17. Новітні процеси знезараження води “зеленими” реагентами.

18. Методи зм'якшення води.

19. Мембранні процеси очищення води. Мікрофільтрація та ультрафільтрація.

20. Знесолення води методами нанофільтрації, зворотного осмосу та електродіалізу.

21. Основні методи очистки води від сполук заліза.

22. Процеси деманганації води.

23. Методи усунення запахів та присмаків води.

24. Методи знефторення та фторування води.

25. Методи кондиціонування води за вмістом бору.

26. Методи очищення води від сполук арсену.

27. Методи усунення запахів та присмаків води.

28. Очистка води сорбційним методом з використанням активованого вугілля.

29. Традиційні та альтернативні технологічні схеми підготовки питної води

30. Біологічна стабільність води та шляхи її досягнення.

6. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова:

1. Л. А. Кульский, П. П. Строкач. Технология очистки природных вод. -К.: Вища школа, 1986. - 352 с.
2. Толстопалова Н. М., Обушенко Т. І., Сангінова О. В. Теоретичні основи хімії та технології водопідготовки. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 255 с.
3. Гомеля М. Д., Шаблій Т. О., Радовенчик Я.В. Фізико-хімічні основи процесів очищення води: підручник. – К.: Кондор-Видавництво, 2019. – 256 с.
4. Мешкова-Клименко Н.А., Косогіна І.В., Толстопалова Н.М. Технологія та обладнання одержання питної та технічної води: Конспект лекцій. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 141 с.
5. Prospects of development of fundamental and applied investigation in the field of water physics, chemistry and biology. /Edited by V.V. Goncharuk, Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine. Kyiv, Naukova Dumka, 2011. 347 p.
6. Запольский А.К. Очистка воды коагулированием. Каменец-Подольский: ЧП “Медоборы-2006”, 2011. – 296 с.
7. Goncharuk V.V. Science about water. Kyiv, Akadempriodyka, 2014. 440 p.
8. ДСТУ 4808:2007 Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 36 с.
9. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною.
10. ДСТУ 7525:20014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. Київ: МІНЕКОНОМРОЗВИТКУ України, 2014. 25 с.
11. Мельник Л.О. Наукові засади видалення токсичних мікрокомпонентів мангану,

бору, арсену в процесах мембранного опріснення. – Рукопис. Дисертація доктора хімічних наук. Київ, 2016 р. Chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://iccwc.org.ua/files/Disertatsii/2016/dys-melnyk_2016.pdf

Допоміжна:

1. Орлов В.О. Водопостачання та водовідведення: Підручник. /В.О. Орлов, Я.А. Тугай, А.М. Орлова. - К.: Знання, 2011.-359 с.
2. Sillanpää M., Chaker Ncibi M., Matilainen A. Advanced oxidation processes for the removal of natural organic matter from drinking water sources: A comprehensive review // Journal of Environmental Management. Volume 208, 15 February 2018, Pages 56-76 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.12.009>
3. Goncharuk V. V., Zuy O. V., Melnik L. A., Mishchuk N. A., Naniieva A. V., Pelishenko A. V. Assessment of the Physiological Adequacy of Drinking Water by Means of Biotesting. [*Chemistry for Sustainable Development*](#). 2021. N 1. P. 34-39.
4. Melnik L.A., Krysenko D.A. Ultrapure Water: Properties, Production, and Use. *J. Water Chem. Technol.* 2019. 41. P. 143–150.