

**ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА
Географічний факультет
Кафедра географії України та регіоналістики**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан географічного факультету

Мирослав ЗАЯЧУК

«01» вересня 2023 року



**РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
„ СУЧАСНІ МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ У ГІДРОЛОГІЧНИХ
РОЗРАХУНКАХ І ПРОГНОЗАХ”**

Вид дисципліни (за компонентом ОП): обов'язкова

Освітньо-професійна програма «Гідрологія»

Спеціальність 103 «Науки про Землю»

Галузь знань 10 «Природничі науки»

Рівень вищої освіти перший бакалаврський

Назва факультету, на якому здійснюється підготовка фахівців за вказаними освітньо-професійними програмами географічний

Мова навчання українська

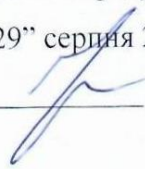
Чернівці 2023 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Сучасні математичні моделі у гідрологічних розрахунках і прогнозах» складена відповідно до вимог її змісту та відповідає освітньо-професійній програмі «Гідрологія», спеціальність 103 «Науки про Землю», галузь знань 10 «Природничі науки», затвердженої Вченою радою Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (Протокол № 5 від «27» квітня 2022 року).

Розробники: канд. геогр.н., доцент кафедри географії України та регіоналістики
Пасічник М.Д.

Затверджено на засіданні кафедри географії України та регіоналістики

Протокол № 13 від «29» серпня 2023 року

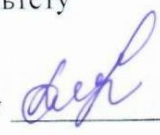
Завідувач кафедри  Іван КОСТАЩУК

Погоджено з гарантом освітньо-професійної програми «Гідрологія».

Гарант освітньої програми  Юрій ЮЩЕНКО

Схвалено навчально-методичною радою географічного факультету

Протокол № 1 від «29» серпня 2023 року

Голова навчально-методичної ради географічного факультету  Наталя АНДРУСЯК

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою дисципліни «Сучасні математичні моделі у гідрологічних розрахунках і прогнозах» є ознайомлення студентів з новими тенденціями досліджень з прикладної гідрології, які мають велике значення у вирішенні сучасних наукових та практичних завдань і пов'язані з математичним моделюванням процесів формування стоку, з детермінованим та стохастичним моделюванням. Необхідність вивчення даної дисципліни пов'язана зі зростаючою потребою застосування моделювання при прогнозуванні річкового стоку і небезпечних гідрологічних явищ, таких як повені, паводки, селеві потоки, катастрофічні зсуви та лавини у горах, забруднення територій і річкового стоку.

Завдання дисципліни: обговорення основних аспектів та концепцій гідрології, головної змістовної її частини – вчення про стік, головного процесу наземної частини гідрологічного циклу – формування стоку, опрацювання схем основних процесів формування стоку і динаміки води у річковому басейні (процеси і явища на поверхні басейну, процеси і явища в ґрунті й приповерхній товщі гірської породи, руслова трансформація й трансляція в замикаючий створ води, стік води в замикаючому створі), як підсумок взаємодії комплексу часткових процесів; дати уявлення про математичні моделі та моделювання в гідрології, про змістовні моделі та їх варіанти, про два класи математичних моделей – детерміновані та стохастичні; про загальні принципи побудови математичних моделей процесів формування стоку; їх верифікацію, калібрування і валідацію; ознайомлення з математичними моделями процесів формування весняного та дощового стоку та проведення модельних розрахунків; показати можливості застосування моделей для прогнозування гідрологічних процесів та явищ, дати уявлення про цілі стохастичного моделювання, детерміновано-стохастичного моделювання; висвітлити перспективи та сучасні проблеми моделювання річкового стоку.

З метою найкращого засвоєння матеріалу студенти повинні до початку вивчення дисципліни опанувати знання стосовно функціонування гідросфери, процесів її забруднення, а також технологій очистки і правових аспектів охорони водних ресурсів. Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з навчального курсу ППО 2 Методологія та організація наукових досліджень у гідрології;

2. Результати навчання. У процесі вивчення курсу студент повинен:

Знати сучасні методи дослідження Землі та її геосфер і вміти їх застосовувати у виробничій та науково-дослідницькій діяльності - ПРН 7.

Уміння вирішувати практичні задачі наук про Землю (за спеціалізацією) з використанням теорій, принципів та методів різних спеціальностей з галузі природничих наук - ПРН 10.

Використовувати сучасні методи моделювання та обробки геоінформації при проведенні інноваційної діяльності - ПРН 11.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких фахових компетентностей:

ФК 04. Володіння сучасними методами досліджень, які використовуються у виробничих та науково-дослідницьких організаціях при вивченні Землі, її геосфер та їхніх компонентів.

ФК 07. Знання основних сучасних положень гідрологічної науки, фундаментальних наук стосовно розвитку землі, земних вод, земної еволюції і застосовувати їх для формування світоглядної позиції і позиції в управлінні водними ресурсами.

ФК 08. Уміння виявляти та аналізувати основні антропогенні впливи на водні об'єкти, відповідні ландшафти, басейни річок, оцінювати гідроекологічний стан об'єктів, вирішувати питання гідроекобезпеки.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- основні поняття, що стосуються дисципліни;
- об'єкти міжнародного співробітництва в галузі гідрометеорології;

- основні міжнародні нормативно-правові документи, концепції, угоди,
- програми та зміст конференцій в галузі гідрометеорологічної співпраці ;
- проблеми забруднення основних складових навколишнього природного середовища та довкілля в цілому;
- основні негативні фактори впливу на навколишнє природне середовище, які призводять до його погіршення

вміти:

- виділяти принципи ефективної гідрометеорологічної співпраці;
- визначати об'єкти та суб'єкти міжнародної гідрометеорологічної співпраці;
- аналізувати основні міжнародні нормативно-правові документи, концепції, угоди, програми та зміст конференцій в галузі гідрометеорологічної співпраці.

Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основи моделювання в гідрології.

Тема 1. Детерміноване моделювання. Попередній огляд.

Математичне моделювання з точки зору математика. Математичне моделювання з точки зору гідролога. Цілі моделювання. Моделі зосереджені і розподілені. Деякі зазвичай виділяються типи моделей. Система моделей або єдина універсальна модель?. Принципи проектування і конструювання математичних моделей гідрологічних процесів і явищ. Створення складної моделює системи. Обов'язкові компоненти гідрологічних моделей. Режимы моделювання. Поняття про імітаційне моделювання.

Тема 2. Детерміноване моделювання системи процесів формування стоку.

Основні проблеми моделювання системи процесів формування стоку. Вимушена інтерлюдія. Утворення стоку в річковому басейні. Загальні положення формування стоку. Поширені підходи. Трансформація стоку в річковому басейні. Загальні положення трансформації річкового стоку. Деякі приклади найбільш відомих підходів .

Тема 3. Короткі відомості про детерміновану модель гідрологічного стоку «Стік-ерозія забруднення»

Попередня підготовка матеріалів, необхідних для моделювання, і проблема документування. Просторово-обчислювальна схематизація річкового басейну. Блок-схема моделюючої системи. Блок-схема автономного модуля «Літо- педо- фітон». Формування, залягання, танення, водовіддача, руйнування і схід сніжного покриву. Концепція стокових елементів і моделювання трансформації стоку від поверхневого до глибокого підземного Параметри ДМГС «Стік-ерозія-забруднення».

Тема 4. Екологічна орієнтація моделювання процесів стоку, ерозії і забруднення.

Введення в проблему екологічно орієнтованих моделей процесів стоку, ерозії і забруднення. Можливості моделювання системи «Trivium». Про нову роль ДМГС «Стік-ерозія -забруднення».

Змістовий модуль 2. Моделювання небезпечних гідрологічних явищ.

Тема 1. Моделювання силової ерозії і забруднення

Постановка задачі про моделювання силової ерозії. Ерозія і нерозчинний забруднювач. Розчинний забруднювач. Приклад моделювання динаміки забруднення.

Тема 2. Детерміновані моделі небезпечних гідрологічних явищ. Короткий зміст проблеми. Повінь. Селеві потоки та споріднені з ним явища Загальний стан проблеми селевих потоків. Принципи створення моделей формування селевих потоків і споріднені з ними явища. Динаміка мас води, льоду, снігу і пухко-уламкової гірської породи на стрімких схилах. Селеві процеси та їх моделі. Короткий словник специфічних термінів селевих процесів. Прориви озер.

Тема 3. Стохастичне моделювання. Математична статистика в гідрології. Загальні положення. Важливе нагадування про емпіричні функції розподілу. Рекомендовані аналітичні функції розподілу і способи оцінки їх параметрів. Застосування методів математичної статистики в гідрології та процес власне стохастичного моделювання. Підхід Монте-Карло. Стохастичне моделювання. Стохастичне моделювання послідовностей гідрологічних величин. Стохастичне моделювання гідрографів стоку. Горські річки з чітко вираженою хвилею повені. Річки з

паводковим режимом. Стохастичне моделювання проривів моренних озер.

Тема 4. Короткі відомості про стохастичну моделюючу гідрологічну систему «Погода». Основні положення. Гідрологічно важливі елементи системи «Погода». Особливості даних спостережень за опадами. Методологічні аспекти СМГС «Погода». Про річні метеорологічні величини. Про дві метеорологічні величини пов'язані з випаданням опадів. Облік фізичного взаємозв'язку між метеорологічними величинами. Про суміщення великомасштабного (річного) і дрібномасштабного (добового) моделювання. Двогармонічна апроксимація внутрішньорічного ходу метеорологічних величин. Інша апроксимація внутрішньорічного ходу метеорологічних величин. Принципи створення полів метеорологічних величин. Зона випадання опадів. Про просторові кореляційні функції гідрометеорологічних величин. Підготовка вихідних даних і оцінка параметрів. Добові суми опадів. Імовірність випадання опадів. Температура повітря. Відносна вологість повітря. Генерація полів метеорологічних величин

Тема 5. Детерміновано-стохастичне моделювання. Приклад прямої взаємодії стохастики і детермінізму. Композиційний метод в гідрології. Специфічний погляд гідролога-стохастика на перспективи гідрології. Сутність детерміновано-стохастичного моделювання. Приклад працездатності системи СМГС «Погода» - ДМГС «Стік-ерозія -забруднення»

3. Опис навчальної дисципліни

3.1. Загальна інформація

Назва навчальної дисципліни «Сучасні математичні моделі у гідрологічних розрахунках і прогнозах»												
Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість			Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	змістових модулів	лекцій	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	1 (5)	2 (10)	3	90	2	15	15			60		залік
Денна	2 (6)	3 (11)	3	90	2	16	16			58		залік

3.2. Дидактична карта навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин						Кількість годин					
	денна форма						денна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р		л	п	лаб	інд	с.р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	1 (5) курс						2 (6) курс					
Змістовий модуль 1 Загальні положення про математичне моделювання у гідрологічних прогнозах												
Тема 1. Детерміноване моделювання. Попередній огляд.	11	2	2			7	11	2	2			7
Тема 2. Детерміноване моделювання системи процесів формування стоку.	11	2	2			7	11	2	2			7
Тема 3. Короткі відомості про детерміновану модель гідрологічного стоку «Стік-ерозія забруднення»	12	2	2			8	11	2	2			7
Тема 4. Екологічна орієнтація моделювання процесів стоку, ерозії і забруднення.	12	2	2			8	12	2	2			8
Разом за змістовим модулем 1	46	8	8			30	45	8	8			29
Змістовий модуль 2. Методологічні основи моделювання та прогнозування												
Тема 5. Моделювання	11	2	2			7	11	2	2			7

схилової ерозії і забруднення												
Тема 6 Детерміновані моделі небезпечних гідрологічних явищ.	12	2	2			8	12	2	2			8
Тема 7. Стохастичне моделювання.	11	1	2			8	11	2	2			7
Тема 8. Детерміновано-стохастичне моделювання.	10	2	1			7	11	2	2			7
Разом за змістовим модулем 2	44	7	7			30	45	8	8			29
Усього годин	90	15	15	-		60	90	16	16	-		58

3.3. Теми практичних занять

№ з/п	Назви робіт	Кількість годин	Кількість балів
	Змістовий модуль 1.		
1.	Робота з вікнами та шарами цифрової карти.	2	3
2.	Створення і редагування векторних карт, побудова топологічного опису полігонів та поверхонь	2	4
3.	Географічний (просторовий) аналіз	2	4
4.	Растрові зображення. Ідентифікація та визначення координат точкових об'єктів за допомогою растрових зображень	2	4
	Змістовий модуль 2		
5.	Побудова та використання тематичних гідрологічних карт	2	3
6.	Компонування та друк карт. Організація запитів до ГІС баз даних	2	4
7.	Зв'язування та об'єднання таблиць. Бази геоданих	2	4
8.	Геокодування таблиць з гідрологічними даними	1/2	4
		15/16	30

3.4. Тематика індивідуальних завдань*

Змістовий модуль 1.

1. Логіка прикладного статистичного моделювання
2. Сутність і види статистичних прогнозів
3. Метод експертних оцінок
4. Комп'ютерні технології статистичного моделювання
5. Формування інформаційної бази моделі
6. Розвідувальний аналіз даних
7. Багатовимірне ранжування
8. Однорідність і типологія
9. Кластерні процедури класифікації
10. Класифікація на основі дискримінантної функції

Змістовий модуль 2.

1. Основні засади моделювання динаміки
2. Типи трендових моделей
3. Короткострокове прогнозування на основі ковзних середніх
4. Оцінювання сезонної компоненти.
5. Модель ARIMA
6. Моделювання повних циклів
7. Типи моделей взаємозв'язку
8. Багатофакторні індексні моделі
9. Класична регресія
10. Забезпечення адекватності регресійної моделі

Вимоги до написання реферату:

- обсяг – 9-10 сторінок друкованого тексту,
- 1. 1-ша сторінка – титульна;
- 2. 2-га сторінка – зміст;
- 3. 3-тя сторінка – вступ;
- 4. 4-7-ма сторінки – виклад матеріалу;
- 5. 8-ма сторінка – висновки;
- 6. 9-та сторінка – список використаної літератури;
- посилання у тексті ([порядковий номер у списку літератури; сторінка, з якої процитовано])

Вимоги до написання доповіді:

1. 1-2 сторінки друкованого тексту;
2. наявність постановки проблеми та висновків.

3.5. Зміст завдань для самостійної роботи

№ з/п	Назви робіт	Годин	Бали
1.	Регресія на змішаних факторних множинах	7	1
2.	Адаптація регресійної моделі до неоднорідної сукупності	7	1
3.	Регресія на групуваннях	8/7	0,5
4.	Модель стандартизованих групувань	8	0,5
5.	Особливості моделювання взаємозв'язаних динамічних рядів	7	1
6.	Динамічна модель для сукупності об'єктів	8	1
7.	Нелінійна регресія	8/7	1
8.	Структура взаємозв'язків і структурна форма моделі	7	1
	Всього	60/58	7

4. Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

У процесі вивчення дисципліни «Сучасні математичні методи у гідрологічних розрахунках і прогнозах» перевірка якості знань студентів здійснюється у формі поточного та підсумкового контролю.

Поточний контроль здійснюється під час проведення лекційних, практичних занять, самостійної роботи. При цьому використовуються такі засоби діагностики, як тестування, письмове та усне опитування. Метою поточного контролю є перевірка рівня засвоєних знань та підготовки студентів до виконання конкретної роботи.

Підсумковий контроль здійснюється наприкінці семестру з метою оцінки результатів навчання на завершальному етапі.

Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка: національна та ECTS	Критерії оцінювання
90-100	Зараховано А	Студент дає абсолютно правильні відповіді на теоретичні питання з викладенням оригінальних висновків, отриманих на основі програмного, додаткового матеріалу та нормативних документів. При виконанні практичного завдання студент застосовує системні знання навчального матеріалу, передбачені навчальною програмою.
80-89	Зараховано В	Студент повністю розкрив теоретичні питання на основі програмного та додаткового матеріалу. При виконанні практичних завдань студент застосовує узагальнені знання навчального матеріалу, передбачені навчальною програмою.

70-79	Зараховано С	Студент розкрив теоретичні питання, програмний матеріал викладено у відповідності до вимог. Практичні завдання виконані в цілому правильно, але мають місце окремі неточності.
60-69	Зараховано D	Студент розкрив теоретичні питання, проте при викладенні програмного матеріалу допущені окремі помилки. При виконанні практичних завдань студент припускається помилок, за рахунок недостатнього розуміння матеріалу.
50-59	Зараховано E	Студент неповністю розкрив теоретичні питання, відповідь містить суттєві помилки. При виконанні практичних завдань студент припускається значних помилок, а виконання завдань викликає значні труднощі.
35-49	Незараховано FX (з можливістю повторного складання)	Студент не розкрив теоретичні питання і не може виконати практичні завдання. Як правило такий студент виявляє здатність до викладення думки лише на елементарному рівні.
0-34	Незараховано F (з обов'язковим повторним курсом)	Студент не виконав навчальну програму або якийсь елемент її складової, має фрагментарні знання, які не дозволяють розкрити теоретичні питання і виконати практичні завдання. Такий студент не може викласти свою думку навіть на елементарному рівні.

Розподіл балів, які отримують студенти

Вид контролю	Модуль	Тема	Тестові завдання до лекційних занять	Самостійна робота	Практичні роботи	Модуль-контроль	Всього балів
Поточний контроль		1.	1	1	3		2
		2.	1	1	4		10
		3.	0,5	0,5	4		9
		4.	0,5	0,5	4		
	Всього за модуль 1		3	3	15	9	30
		1.	1	1	3		6
		2.	1	1	4		2
		3.	1	1	4		7
		4.	1	1	4		7
	Всього за модуль 2		4	4	15	7	30
	Всього за поточний контроль*		7	7	30	16	60
	Підсумковий контроль - залік						40
	Разом						100

7. Засоби оцінювання

Засоби оцінювання та демонстрування результатів навчання під час вивчення курсу виступають:

- контрольні роботи;
- стандартизовані тести;
- дослідницько-творчі проекти;
- есе;
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень.

8. Форми поточного та підсумкового контролю

У процесі вивчення дисципліни «Сучасні математичні методи у гідрологічних розрахунках і прогнозах» основними методами навчання виступають лекція та практична робота. Важливе місце також відводиться самостійній роботі студентів.

На лекційних заняттях студентам розкривається науково-теоретичний зміст і практичне значення тем, які розглядаються. Лекційний матеріал завжди подається з поясненнями, у формі бесіди зі студентами. З наочних елементів навчання широко застосовуються ілюстрації, відеопрезентації.

Практичні заняття мають на меті поглибити і закріпити теоретичні знання, отримані на лекціях і у процесі самостійної роботи, а також сформувати практичні уміння їх використання при виникненні потреби.

Самоосвіта припускає поглиблене вивчення відповідних тем, самостійне оволодіння необхідною інформацією, розвиток творчих здібностей студентів, формування у них вмінь самостійного аналізу курсу, що вивчається, а також практичного застосування набутих знань.

Поряд з традиційними методами навчання широко використовуються також комп'ютерні технології, проблемне навчання, ділові та рольові ігри.

Підсумковий контроль здійснюється наприкінці семестру у форму заліку з метою оцінки результатів навчання на завершальному етапі.

9. Рекомендована література

9.1. Основна:

1. Бараннік В.О. Моделювання і прогнозування стану довкілля : навчальний посібник. Харків : ХНАМГ, 2007. 85 с.
2. Лук'янець О.І. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсу «Математичні методи в гідрометеорології». Київ : ВПЦ «Київський університет», 2010.
3. Лук'янець О.І. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт з курсу «Гідрологічні прогнози». Київ : ВПЦ «Київський університет», 2004.
4. Лук'янець О.І. Математичне моделювання в гідрометеорології як фактор наукового пізнання. Київ : Ніка-Центр, 2005. 40 с.
5. Моделювання і прогнозування для проектів геоінформаційних систем / Морозов В.В., Плоткін С.Я., Поляков М.Г. та ін. / За ред. професора В.В. Морозова. Херсон : Вид - во ХДУ, 2007. 328 с.

9.2. Допоміжна:

1. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. Київ, 2006. 240 с.
2. Довідник здобувача наукового ступеня [Текст]: Збірник нормативних документів та інформаційних матеріалів з питань атестації наукових кадрів вищої кваліфікації / Упорядник Ю. І. Цеков; переднє слово Р. В. Бойка. Київ : Редакція «Бюлетеня Вищої атестаційної комісії України», 2000. 64 с.
3. Сусідко М.М. Математичне моделювання процесів формування стоку як основа прогностичних систем. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. Київ, 2000. Т. 1. С. 32-40.

Перелік запитань

Модуль контроль 1

1. Класифікація моделей
2. Характеристика основних рис математичного моделювання
3. Основні етапи дослідження об'єктів засобами математичного моделювання
4. Особливості динамічних математичних моделей
5. Завдання математичного моделювання річкового стоку
6. Системний підхід до математичного моделювання річкового стоку
7. Розвиток наукового пізнання при математичному моделюванні річкового стоку
8. Фізичне моделювання
9. Математичне моделювання
10. Класифікація математичних моделей
11. Класичні методи математичного опису динамічних систем
12. Якісна теорія динамічних систем
13. Сучасні підходи до моделювання динамічних систем
14. Загальні принципи і методи математичного моделювання і прогнозування в гідроекологічних дослідженнях
15. Побудова імітаційної моделі гідрохімічного режиму водних об'єктів
16. Фільтрація і математичні моделі руху підземних вод
17. Енергобалансові моделі клімату
18. Статистична модель клімату
19. Радіаційно-конвективні моделі клімату
20. Моделі загальної циркуляції клімату

Модуль контроль 2

1. Які класичні методи опису систем, що розвиваються, Вам відомі?
2. У чому полягає основний підхід якісної теорії диференціальних рівнянь при дослідженні систем, що розвиваються?
3. Що таке фазовий простір?
4. Визначить поняття „точкових” моделей .
5. Які сучасні підходи до дослідження і моделювання динамічних систем Вам відомі?
6. Які моделі є складовими кліматичної моделі ?
7. Які моделі є складовими кліматичної моделі ?
8. Яка роль енергобалансових моделей в дослідженні кліматичних процесів?
9. Що відтворюють статистичні моделі?
10. Для дослідження яких процесів застосовують радіаційно-конвективні моделі?
11. Для опису яких процесів застосовують моделі циркуляції?
12. Для доповнення яких глобальних екологічних процесів застосовують модель клімату?
13. При вирішенні яких задач гідроекології застосовується математичне моделювання?
14. Яким чином доцільно будувати імітаційну модель гідроекологічних процесів?
15. Які основні фактори встановлюються при аналізі умов якості води у водоймищі?
16. Які основні механізми поширення речовини в рухомому потоці рідини?
17. Що розуміють під поняттям „інформативність моделі”?
18. Визначить поняття фільтрації.
19. Які підходи застосовують для спрощення аналітичної моделі руху підземних вод?

Підсумковий контроль

1. Класифікація моделей
2. Характеристика основних рис математичного моделювання
3. Основні етапи дослідження об'єктів засобами математичного моделювання
4. Особливості динамічних математичних моделей
5. Завдання математичного моделювання річкового стоку
6. Системний підхід до математичного моделювання річкового стоку
7. Розвиток наукового пізнання при математичному моделюванні річкового стоку
8. Фізичне моделювання
9. Математичне моделювання
10. Класифікація математичних моделей
11. Класичні методи математичного опису динамічних систем
12. Якісна теорія динамічних систем
13. Сучасні підходи до моделювання динамічних систем
14. Загальні принципи і методи математичного моделювання і прогнозування в гідроекологічних дослідженнях
15. Побудова імітаційної моделі гідрохімічного режиму водних об'єктів
16. Фільтрація і математичні моделі руху підземних вод
17. Енергобалансові моделі клімату
18. Статистична модель клімату
19. Радіаційно-конвективні моделі клімату
20. Моделі загальної циркуляції клімату
21. Які класичні методи опису систем, що розвиваються, Вам відомі?
22. У чому полягає основний підхід якісної теорії диференціальних рівнянь при дослідженні систем, що розвиваються?
23. Що таке фазовий простір?
24. Визначить поняття „точкових” моделей .
25. Які сучасні підходи до дослідження і моделювання динамічних систем Вам відомі?
26. Які моделі є складовими кліматичної моделі ?
27. Які моделі є складовими кліматичної моделі ?
28. Яка роль енергобалансових моделей в дослідженні кліматичних процесів?
29. Що відтворюють статистичні моделі?
30. Для дослідження яких процесів застосовують радіаційно-конвективні моделі?
31. Для опису яких процесів застосовують моделі циркуляції?
32. Для доповнення яких глобальних екологічних процесів застосовують модель клімату?
33. При вирішенні яких задач гідроекології застосовується математичне моделювання?
34. Яким чином доцільно будувати імітаційну модель гідроекологічних процесів?
35. Які основні фактори встановлюються при аналізі умов якості води у водоймищі?
36. Які основні механізми поширення речовини в рухомому потоці рідини?
37. Що розуміють під поняттям „інформативність моделі”?
38. Визначить поняття фільтрації.
39. Які підходи застосовують для спрощення аналітичної моделі руху підземних вод?