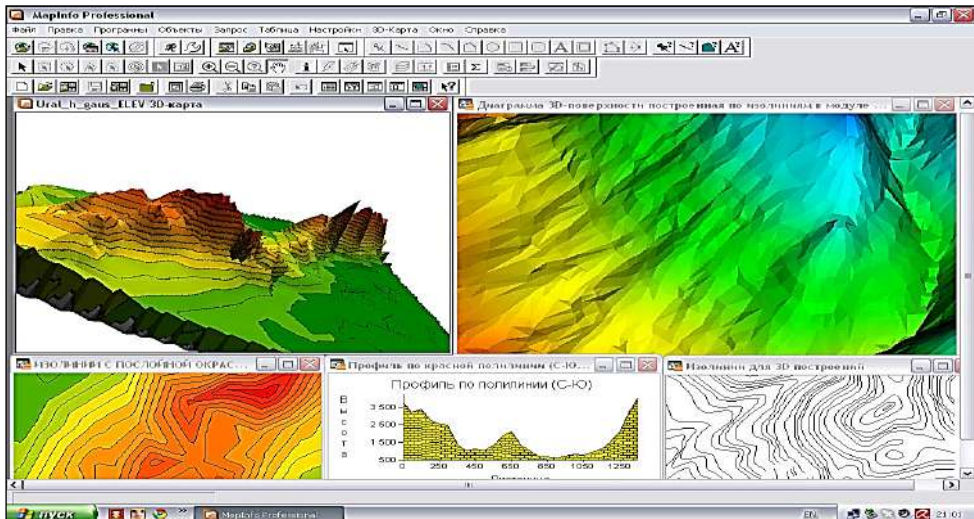


Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Географічний факультет  
Кафедра фізичної географії та геоекології



**В.М. САМОЙЛЕНКО**  
**І.О. ДІБРОВА**

**НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС**  
**З ДИСЦИПЛІНИ "ПРИРОДНИЧО-ГЕОГРАФІЧНЕ**  
**МОДЕЛЮВАННЯ"**



Київ  
ТОВ "ДІА"  
2023

УДК 502.2:911.5(075.8)

C17

*Затверджено вченою радою географічного факультету  
Київського Національного університету імені Тараса Шевченка  
(протокол № 10 від 21 квітня 2023 року)*

**Автори:** *В.М.Самойленко* – професор кафедри фізичної географії та геоєкології Київського національного університету імені Тараса Шевченка, доктор географічних наук, професор  
*І.О.Діброва* – доцент кафедри фізичної географії та геоєкології Київського національного університету імені Тараса Шевченка, кандидат географічних наук, доцент

**Рецензенти:** *В.І.Осадчий*, член-кореспондент Національної академії наук України, доктор географічних наук (*Український гідрометеорологічний інститут*)  
*О.Г.Ободовський*, доктор географічних наук, професор (*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*)

**Самойленко В.М.**

**C17** Навчально-методичний комплекс з дисципліни "Природничо-географічне моделювання" : навчально-методичний посібник (електронна версія) / В.М. Самойленко, І.О. Діброва. Київ: ТОВ "ДІА", 2023. 57 с. (4,9 д.а.)  
ISBN 978-617-7785-37-7

Посібник розроблено для навчальної дисципліни "Природничо-географічне моделювання", яка є обов'язковим компонентом освітньої програми "Природнича географія" для підготовки бакалаврів за спеціальністю 106 "Географія". Метою дисципліни є формування у студентів здатності розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми під час моделюванні факторів динаміки та стійкості природничих геосистем та власне стану цих геосистем і тенденцій його зміни, враховуючи відгуки систем на антропогенне навантаження. Дисципліну присвячено вивченню: понять про моделі і моделювання та їхні класифікації; підвалин стохастичного моделювання стану та прогнозування динаміки природничих геосистем; основ геоєкологічного модельного районування; підходів до реалізації методично-оптимізаційних та методично-прикладних і модельно-прогнозних рішень, а також способів тематичного моделювання типових природничих геосистем, зокрема басейнових геосистем, екомереж і берегових геотонів. Дисципліну покликано сформуванню у студентів стратегічні уявлення щодо способів сучасного модельно-прогнозного відображення процесів і явищ та стану об'єктів у природничій географії.

Для студентів і викладачів природничих, насамперед географічних, спеціальностей університетів і вищих закладів освіти.

УДК 502.2:911.5(075.8)

ISBN 978-617-7785-37-7

© В.М.Самойленко, І.О.Діброва 2023

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
<b>1</b> ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.....	9
<b>2</b> СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.....	23
<b>3</b> ЛЕКЦІЇ ТА СЕМІНАРИ.....	23
<i>Змістовий модуль 1</i> Теоретично-методичні підвалини природничо-географічного моделювання.....	23
Тема 1.    Уведення в дисципліну.....	23
Тема 2.    Засновки природничо-географічного моделювання...	27
Тема 3.    Моделювання стану природничих геосистем.....	30
Тема 4.    Геоecологічне модельне районування та оптимізаційно-діагностичне моделювання.....	35
<i>Змістовий модуль 2</i> Приклади тематичного моделювання природничих геосистем.....	40
Тема 5.    Ландшафтно-гідрорадіоекологічне модельне районування.....	40
Тема 6.    Моделювання басейнових геосистем.....	42
Тема 7.    Моделювання екомереж.....	45
Тема 8.    Моделювання берегових геотонів.....	48
<b>4</b> СЛОВНИК ОСНОВНИХ ТЕРМІНІВ.....	50
РЕКОМЕНДОВАНІ ПЕРШОДЖЕРЕЛА	55

## ВСТУП

Навчальна дисципліна "**Природничо-географічне моделювання**" є обов'язковим компонентом освітньої програми "Природнича географія" з підготовки фахівців за освітнім рівнем "бакалавр" за напрямом 106 – Географія.

Викладається на **IV** курсі бакалаврату в **2-му семестрі** в обсязі 90 годин (**3,0 кредити ECTS**), зокрема: **лекції – 24 год., практичні заняття – 12 год., самостійна робота – 54 год.** Форма підсумкового контролю – **залік**.

**1. Мета дисципліни** – формування у студентів здатності розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми під час моделюванні факторів динаміки та стійкості природничих геосистем та власне стану цих геосистем і тенденцій його зміни, враховуючи відгуки систем на антропогенне навантаження, із використанням комплексу міждисциплінарних даних та за умов недостатності фактографічної інформації.

### **2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

1. Знати ключові положення теорії географічних інформаційних систем і технологій.
2. Вміти застосовувати ГІС-інструментарій.
3. Володіти навичками застосування статистичних і стохастичних математичних методів у географії.

**3. Анотація навчальної дисципліни:** Навчальну дисципліну присвячено вивченню: понять про моделі і моделювання та їхні класифікації; підвалин стохастичного моделювання стану та прогнозування динаміки природничих геосистем; основ геоecологічного модельного районування; підходів до реалізації методично-оптимізаційних та методично-прикладних і модельно-прогнозних рішень, а також способів тематичного моделювання типових природничих геосистем, зокрема басейнових геосистем, екомереж і берегових геотонів. Дисципліну покликано сформувавши у студентів стратегічні уявлення щодо способів сучасного модельно-прогнозного відображення процесів і явищ та стану об'єктів у природничій географії.

**4. Завдання** – забезпечити набуття студентами знань, вмінь і навичок для формування *здатності*:

– до аналізу і синтезу принципів, способів, методик і алгоритмів суто математичного і споріднених з ним видів моделювання та прогнозування в природничій географії (ЗК 4);

– використання геоінформаційних технологій, необхідних для відтворення структури, динаміки та стійкості природничих геосистем, різних за генетично-функціональними характеристиками (ЗК 8);

– самостійно досліджувати, аналізувати просторово-часові параметри організації природничих геосистем (ФК 8);

– аналізувати й пояснювати особливості геопросторової організації природи, населення і господарства України (ФК 9);

– ідентифікувати та класифікувати відомі і реєструвати нові об'єкти у природничих геосистемах (ФК 10);

– застосовувати базові знання природничих наук і геоінформаційних технологій при вивченні способів оптимізації стану і реабілітації природничих геосистем (ФК 2).

**5. Результати навчання за дисципліною:**

<b>Результат навчання</b> (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		<b>Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання</b>	<b>Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)</b>	<b>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</b>
Код	Результат навчання			
1.1	Вихідні поняття про модель і моделювання, комплексні та симплексні методи моделювання, зокрема прогнозного, в природничій географії з огляду на можливості збирання, обробки та аналізу інформації в галузях предметної області географічних наук	<i>лекція, семінарське заняття</i>	<i>Тест, виконання творчих аналітичних робіт, залік</i>	5%
1.2	Сутність понятійного апарату й способів моделювання стану природничих геосистем з використанням інформаційних технологій, картографічних і геоінформаційних моделей	<i>лекція, семінарське заняття</i>		5%
1.3	Основи геоecологічного модельного районування	<i>лекція, семінарське заняття, аналітична робота</i>		5%
1.4	Теорію й зміст прикладних задач стохастичного оцінювання достовірності геоecологічної інформації та оптимізації геоecологічного моніторингу	<i>лекція, семінарське заняття, аналітична робота</i>		5%
1.5	Загальні алгоритми типових методично-оптимізаційних та методично-прикладних модельно-прогнозних рішень при геоecологічній реабілітації довкілля	<i>лекція, семінарське заняття, аналітична робота</i>		5%
1.6	Алгоритми ландшафтно-гідрорадіоеcологічного модельного районування	<i>лекція, семінарське заняття, аналітична робота</i>		5%
1.7	Методику моделювання басейнових геосистем	<i>лекція, семінарське заняття</i>		5%
1.8	Методику моделювання екомереж	<i>лекція, семінарське заняття, аналітична робота</i>		5%

1.9	Принципи і способи моделювання берегових геотонів	<i>лекція, семінарське заняття</i>		5%
2.1	Виконувати дослідження географічної оболонки та її сфер за допомогою кількісних та якісних методів аналізу із використанням симплексних і комплексних методів моделювання, зокрема прогнозного	<i>семінарське заняття, аналітична робота</i>	<i>Тест, виконання творчих аналітичних робіт, залік</i>	40%
2.2	Моделювати динаміку та стійкість природничих геосистем за умов антропогенного впливу на них	<i>семінарське заняття</i>		
2.3	Моделювати задавати природничі геосистеми й здійснювати розрахунково-прогнозне оцінювання їхнього стану	<i>семінарське заняття, аналітична робота</i>		
2.4	Аналізувати склад і будову природних та суспільно-економічних географічних об'єктів і систем на різних просторово-часових рівнях для проведення комплексного геоекологічного районування територій	<i>семінарське заняття</i>		
2.5	Оптимізувати геоекологічний моніторинг для потрібних об'єктів чи процесів, виходячи з бажаної точності та достовірності натурних спостережень	<i>семінарське заняття, аналітична робота</i>		
2.6	Самостійно розробляти алгоритми конкретних методично-оптимізаційних та методично-прикладних модельно-прогнозних задач з метою охорони та реабілітації довкілля	<i>семінарське заняття, аналітична робота</i>		
3.1.	Здатність до групової роботи, міжособистісної комунікації в процесі розробки оптимізаційних моделей, пошуку компромісних рішень	<i>семінарське заняття</i>	<i>Виконання творчих групових робіт, дискусія</i>	10%
4.1	Здатність приймати обґрунтовані рішення та нести відповідальність за результати своєї професійної діяльності під час самостійного вирішення аналітичних модельних задач	<i>презентація</i>	<i>залік</i>	10%

## 6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни (код) Програмні результати навчання (назва)	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	3.1	4.1
1. Збирати, обробляти та аналізувати інформацію в галузях предметної області географічних наук (ПРН 1)	+	+	+	+	+	+	+	+	+							+	+
2. Використовувати інформаційні технології, картографічні та геоінформаційні моделі в галузях предметної області географічних наук (ПРН 4)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3. Виконувати дослідження географічної оболонки та її сфер за допомогою кількісних та якісних методів аналізу (ПРН 9)	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	
4. Аналізувати склад і будову природно- та суспільно-географічних об'єктів і систем на різних просторово-часових рівнях (ПРН 10)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5. Дотримуватися морально-етичних аспектів досліджень, інтелектуальної й академічної доброчесності, професійного кодексу поведінки (ПРН 13)																	+
6. Демонструвати здатність проводити самостійні дослідження природно- та суспільно-географічних об'єктів, систем і процесів у географічній оболонці за польових і лабораторних умов (ПРН 14)		+			+												+

## 7. Схема формування оцінки:

Рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами усних відповідей та написання письмових контрольних робіт.

Питома вага результатів навчання у підсумковій оцінці за умови її опанування на належному рівні така:

- результати навчання – **1.1 – 1.9 (знання)** – до 5% за кожен;
- результати навчання – **2 (вміння)** – до 40%;
- результати навчання – **3 (комунікація)** – до 10%;
- результати навчання – **4 (автономність та відповідальність)** – до 10%.

### 7.1. Форми оцінювання студентів:

У дисципліні передбачено 2 змістових модуля. Заняття проводяться у вигляді лекцій та семінарських занять. Упродовж семестру, після завершення відповідних тем, проводяться *дві тематичні письмові тестові контрольні роботи*.

Оцінювання за формами контролю:

	Змістовий модуль 1		Змістовий модуль 2	
Практична робота	„2” x 4 = 8	„3” x 4 = 12	„2” x 4 = 8	„3” x 4 = 12
Усна відповідь	„0,5” x 2 = 1	„1” x 3 = 3	„0,5” x 2 = 1	„1” x 3 = 3
Тематична контрольна робота 1	„9” x 1 = 9	„15” x 1 = 15		
Тематична контрольна робота 2			„9” x 1 = 9	„15” x 1 = 15
„3” – мінімальна/максимальна оцінка, яку може отримати студент. 4 – мінімальна/максимальна залікова кількість робіт чи завдань.				

Завершується дисципліна *заліком* у вигляді тесту в письмовій формі. Максимальна кількість балів на заліку – 40 балів, мінімальна кількість балів, які додаються до семестрових – 24 бали (*60% максимальної кількості балів, відведених на залік*).

Студенти, які набрали сумарно меншу кількість балів ніж критично-розрахунковий мінімум до складання заліку не допускаються. Рекомендований мінімум для допуску до заліку – *36 балів*.

	Семестрова кількість балів	ТКР 1	ТКР 2	Залік	Підсумкова оцінка
<b>Мінімум</b>	<b>18</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>24</b>	<b>60</b>
<b>Максимум</b>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

Загалом формування оцінки спирається на «Положення про організацію освітнього процесу у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка», введеного в дію наказом № 716-32 від 31 серпня 2018 року.

### 7.2. Організація оцінювання:

Оцінювання здійснюється впродовж семестру усіх видів робіт, включаючи і самостійну роботу.

#### Шкала відповідності

<b>Зараховано / Passed</b>	<b>60-100</b>
<b>Не зараховано / Fail</b>	<b>0-59</b>



## 1. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Змістовий модуль 1. ТЕОРЕТИЧНО-МЕТОДИЧНІ ПІДВАЛИНИ ПРИРОДНИЧО-ГЕОГРАФІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

#### Тема 1. УВЕДЕННЯ В ДИСЦИПЛІНУ (12 год.)

Походження терміна та загальне визначення моделі. Об'єкт дослідження (об'єкт моделювання). Модель і моделювання довкілля в широкому розумінні.

Визначення моделі та моделювання в природничій географії. Природничо-географічна модель. Природничо-географічне моделювання. Природнича геосистема.

Систематизація природничо-географічних моделей. Теоретичні, напівемпіричні та емпіричні моделі. Принципи систематизації моделей (за об'єктом моделювання (дослідження), за призначенням, за логікою застосування, за способом побудови моделей і способом передавання відношень подібності, за комбінаціями принципів).

Систематизація природничо-географічних моделей за об'єктом моделювання (дослідження). Моделі чинників/умов стану природничих геосистем. Моделі структури геосистем. Моделі властивостей (атрибутів) геосистем. Моделі внутрішніх і зовнішніх геосистемних причинно-наслідкових зв'язків. Моделі місцезнаходження геосистем. Інтегровані моделі геосистем.

Поділ природничо-географічних моделей за набором ознак, серед яких переважає призначення. Імітаційні моделі. Систематизаційні моделі. Оптимізаційні моделі. Оцінювальні моделі (розрахункові, прогнозні, розрахунково-прогнозні).

Систематизація природничо-географічних моделей за логікою їхнього застосування. Моделі-аналоги. Моделі-презентації. Моделі-інтерпретації. Моделі комплексного дослідження (вивчання).

Систематизація природничо-географічних моделей за способом їхньої побудови й способом передавання відношень подібності. Прототипні моделі (генералізовані, ідеалізовані). Неформалізовані концептуальні моделі (вербально-звукові, іконічні). Формалізовані концептуальні моделі (графічно-знакові, логіко-математичні, алгоритмічні). Слабко та точно формалізовані моделі (детерміновані, суто стохастичні, детерміновано-стохастичні).

Комбіновані природничо-географічні моделі. Режими застосування та форми створення/відображення природничо-географічних моделей.

Групи графічно-знакових моделей як різновиду концептуальних формалізованих природничо-географічних моделей. Типи аналітично-ілюстративних моделей (зображувальні, графіко-діаграмні, табличні, комбіновані аналітично-ілюстративні). Типи структурно-логічних моделей (структурно-інформаційні схематичні, структурно-логічні графічно-зображувальні, комбіновані структурно-логічні). Поняття про графі та фрейми як моделі.

Типи картографічно-геоінформаційних моделей (картографічні, геоінформаційні). Види картографічних моделей (географічні карти, топоплани, картографічні перетинно-секційні (поперечні профілі, вертикальні розрізи, блок-діаграми), комбіновані).

Види геоінформаційних моделей (загальні, спеціальні, комбіновані). Підвиди спеціальних геоінформаційних моделей. Моделі рендерингу. Поняття про цифрові моделі рельєфу (ЦМР). Моделі драпування. Моделі кінематично-анімаційної або динамічної інтерактивної візуалізації тривимірних зображень. Маршрутно-оптимізаційні моделі. Поняття про маршрутизацію та маршрут найменшої вартості. Дослідницькі геоінформаційні моделі. Тренінгові геоінформаційні моделі. Моделі мультимедійних засобів накопичення просторових даних. Поняття про електронну карту та електронний атлас. Інші спеціальні геоінформаційні моделі. Приклади комбінованих геоінформаційних моделей.

Комбіновані графічно-знакові моделі та їхні характерні приклади.

Найбільш застосовні симплексні методи природничо-географічного моделювання. Група методів кореляційного та регресійного аналізу, а також спектрального аналізу. Метод групового урахування аргументів (МГУА). Група методів прогнозу екстраполяції. Група методів факторного та кластерного аналізу. Матричний метод моделювання та аналізу. Метод графів. Поняття про точно та слабо формалізовані моделі.

Етапи розробки комплексної природничо-географічної моделі. Словесний (вербальний) опис моделі. Графічне або картографічно-геоінформаційне подання моделі. Математичний опис моделі. Алгоритмічний опис моделі. Програмний опис моделі. Поняття про мови *UML* і *GML*.

Загальні вимоги до природничо-географічних моделей.



Рис.1 Систематизація природничо-географічних моделей

## **Тема 2. ЗАСНОВКИ ПРИРОДНИЧО-ГЕОГРАФІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ (14 год.)**

Основний зміст, мета, методологічні принципи та підходи природничо-географічного моделювання. Структурно-функціональна формалізація природничої геосистеми. Генезисно-еволюційні структурно-функціональні підсистеми природничої геосистеми, їхній перетин та динаміка.

(Квазі)природна підсистема природничої геосистеми. Різномірні геосистеми ландшафтних територіальних структур (*ЛТС*) і таксонів певного районування.

Натурально-антропогенна та антропогенна підсистеми природничої геосистеми. Поняття про рівень натуральності геосистем. Змістово-функціональне та експертно-параметричне визначення міри антропоізації та рівня натуральності геосистем у залежності від міри антропогенного впливу на них. Геосистеми натурально-антропогенної та антропогенної підсистем та їхні приклади.

Міра антропогенного впливу для суходільних (теральних) геосистем. Поняття про системи землекористування та/або наслідків землекористування (*СЗК/НЗ*). Робоча шкала міри антропоізації (рівня натуральності) суходільних геосистем і її приклад для рівнинних геосистем регіонально-районного рангу. Склад і особливості природоохоронної, болотяної, лісової та чагарниково-трав'яної геосистем робочої шкали міри антропоізації. Склад і особливості аграрної геосистеми робочої шкали міри антропоізації. Склад і особливості гідротехнічно-гідромеліоративної, рекреаційно-оздоровчої, селитебної, гірничопромислової та транспортно-зв'язкової геосистем робочої шкали міри антропоізації. Склад і особливості без(рідко)рослинної, гетерогенної та інших геосистем робочої шкали міри антропоізації. Поняття про індекс антропоізації суходільних геосистем певного об'єкта моделювання.

Шкала міри антропоізації (рівня натуральності) аква-теральних геосистем: стан проблеми. Шкала та категорії міри антропоізації аква-теральних геосистем русла (ложа) і берегів натуральних і штучних водотоків. Поняття про задані варіанти антропогенного впливу на аква-теральні геосистеми та/або наслідків такого впливу як безпідпірної або підпірної каналізації русла і берегів. Поняття про індекс антропоізації аква-теральних геосистем певного об'єкта моделювання.

Формалізація підсистеми каркасних меж природничої геосистеми.

Класи структурно-функціональної організації природничої геосистеми та їхня реалізація. Поняття про природно-соціально-економічні функції (*ПСЕФ*) природничої геосистеми. Стабілізація та поліпшення стану природничої геосистеми та їхня етапність. Перший принциповий критерій геоecологічно-економічного збалансування управління станом природничої геосистеми.

Поняття про систематизацію та/або структурування природничих геосистем. Критерії, ієрархія, таксони, підходи та приклади систематизації/структурування.

Природні ресурси природничої геосистеми. Рангування природних ресурсів геосистеми. Поняття про структурно-функціональну тарифікацію природних ресурсів геосистеми. Вимоги до тарифікаційної схеми природних ресурсів геосистеми.

Формалізація природно-соціально-економічних функцій (*ПСЕФ*) природничої геосистеми. Поняття про потенціал природно-соціально-економічних функцій геосистеми. Загальний природно-соціально-економічний потенціал геосистеми та його різновиди. Зміст геоecологічно-економічного нормування з відповідною оптимізацією управління станом природничої геосистеми. Загальні потенціали геопозитивних і

геонегативних ПСЕФ. Розрахунок загального потенціалу геосистеми. Модель ефективності реальних, можливих чи доцільних за геоекологічними критеріями ПСЕФ як ефективності використання ресурсів природничої геосистеми та ефективності режиму її експлуатації. Другий принциповий критерій геоекологічно-економічного збалансування управління станом природничої геосистеми. Класифікація природно-соціально-економічних функцій природничої геосистеми. Поняття про сервіси екосистем (геосистем) і їхнє співвідношення з ПСЕФ. Принципи деталізації класифікаційної схеми ПСЕФ.

**Таблиця 1 Міра антропоізації та рівень натуральності геосистем у залежності від міри антропогенного впливу на них (н/к – нижньокатегорійний; в/к – верхньокатегорійний)**

Міра антропогенного впливу на геосистеми	Категорійний код і міра антропоізації геосистем	Код і рівень натуральності геосистем	Категорійні діапазони значень і середньокатегорійні значення індексу антропоізації геосистем ( $I_{ANT}, \%$ ) *
майже відсутній вплив	1 – вельми незначна антропоізація	1 – натуральні	(0...15,8]; 7,9
слабкий вплив	2 – незначна антропоізація	2 – майже натуральні	(15,8...28,3]; 22,1
помірний вплив	3 – помірна антропоізація	3 – напівнатуральні	(28,3...39,2]; 33,7
н/к помірно-сильний вплив	4а – н/к помірно-значна антропоізація	4а – н/к відносно далекі від натуральних	(39,2...44,8]; 42,0
в/к помірно-сильний вплив	4б – в/к помірно-значна антропоізація	4б – в/к відносно далекі від натуральних	(44,8...50,4]; 47,6
н/к сильний вплив	5а – н/к значна антропоізація	5а – н/к далекі від натуральних	(50,4...57,1]; 53,8
в/к сильний вплив	5б – в/к значна антропоізація	5б – далекі від натуральних	(57,1...63,7]; 60,4
вельми сильний вплив	6 – вельми значна антропоізація	6 – чужі натуральним	(63,7-79,5]; 71,6
надзвичайно сильний вплив	7 – надмірна антропоізація	7 – штучні	(79,5-100]; 89,8

### **Тема 3. МОДЕЛЮВАННЯ СТАНУ ПРИРОДНИЧИХ ГЕОСИСТЕМ (10 год.)**

**Модельно-параметрична формалізація геосистем і їхньої динаміки.** Макрорівень модельно-параметричної формалізації геосистеми. Сукупності груп ознак, показників (геопоказників) і параметрів (геопараметрів) стану геосистеми та записи її динаміки. Поняття про часову та просторову область визначення випадкової функції та її область значень.

Мезорівень модельно-параметричної формалізації геосистеми. Системи компонентів і субкомпонентів за групами геопоказників і геопараметрів і відповідні записи динаміки геосистеми.

Мікрорівень модельно-параметричної формалізації геосистеми. Системи елементів за компонентами груп геопоказників і геопараметрів і відповідні записи динаміки геосистеми.

Характерні приклади модельно-параметричної формалізації природничої геосистеми. Формалізація аква-теральної геосистеми великої водойми. Формалізація аква-теральної геосистеми берегової зони водосховищ.

**Стохастична структура геосистем.** Набір головних характеристик стохастичної структури природничої геосистеми.

Поняття про геостохастичні функції (геофункції). Індивідуальні та спільні геостохастичні функції елементів ( $n$ -го порядку) геопараметрів. Індивідуальні геостохастичні щільності елементів геопараметрів. Закони розподілу, які визначають структуру геостохастичних функцій. Традиційні та загальнорегіональні геофункції.

Автокореляційні суто часові та просторово-часові функції випадкових функцій елементів геопараметрів. Вибіркові функції випадкових функцій елементів геопараметрів різних модифікацій (вибіркові функції геопараметрів).

Опорні положення, які засвідчують ефективність, універсальність і переваги застосування визначених стохастичних інформаційних засобів для геоінформаційного моделювання природничих геосистем. Квазістаціонарність індивідуальних геостохастичних функцій. Квазіоднорідність та квазіізотропність випадкових функцій елементів геопараметрів у вигляді квазістаціонарних скалярних полів. Імітація адекватних умов проведення стохастичних дослідів для наступних геоінформаційно-модельних оцінювань стану природничих геосистем. Умовна ергодичність (квазіергодичність) випадкових функцій елементів геопараметрів. Універсальність параметрів геостохастичних і автокореляційних функцій випадкових функцій елементів геопараметрів природничих геосистем.

Детерміновано-стохастичні моделі динаміки природничої геосистеми (геостохастичні моделі). Загальна структура геостохастичних моделей. Загальний розрахунковий вигляд геостохастичних моделей для логнормального розподілу. Розрахунково-прогнозувальні підрівні геостохастичних моделей ("суто" часовий або режимний, "суто" просторовий або системний, режимно-системний та інші підрівні). Загальний розрахунковий вигляд геостохастичних моделей для розподілу Гудріча.

**Стійкість і надійність геосистем.** Стан природничої геосистеми у широкому тлумаченні. Різновиди або складними стану геосистеми. Рівень стану природничої геосистеми за ознаками її стійкості та надійності. Поняття про статус геосистеми. Ознаки стану природничої геосистеми. Еталонні показники властивостей геосистеми. Загальна класифікаційна схема складників рівня стану (стійкості та надійності) природничо-географічної геосистеми.

Стійкість природничої геосистеми та її типи. Фазова стійкість геосистеми та її підтипи. Фазово-антропізаційна стійкість і її індекс. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану геосистеми за ознаками її фазово-антропізаційної стійкості (здатності до саморегуляції). Універсальність категорійно-класифікаційних схем рівнів стану геосистеми. Фазово-етологічна стійкість геосистеми. Види фазово-етологічної стійкості (екомережна, басейнових геосистем (гідромережна та вододільно-водозбірна) та інші види).



Рис.2 Рівні стану фізико-географічних районів за ознаками їхньої фазово-антропоїзаційної стійкості (на прикладі районів Житомирсько-Поліської області Поліського краю зони мішаних (хвойно-широколистяних) лісів) (9...19 – коди районів; 63,1%...35,1% – індекси фазово-антропоїзаційної стійкості районів; 3...6 – категорії рівня стану районів)

Параметрична стійкість природничої геосистеми та її підтипи. Загальна модель і види параметрично-процесної стійкості геосистеми.

Флювіо-ерозійна параметрично-процесна стійкість і її індекс. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану геосистеми за ознаками її флювіо-ерозійної параметрично-процесної стійкості (інтенсивності флювіальної ерозії).

Радіогеоекологічна параметрично-процесна стійкість і її індекс. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану геосистеми за ознаками її радіогеоекологічної параметрично-процесної стійкості.

Ацидифікаційна параметрично-процесна стійкість і її індекс. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану геосистеми за ознаками її ацидифікаційної параметрично-процесної стійкості (ступеня ацидифікації водозбору).

Грунтово-самоочищувальна параметрично-процесна стійкість і її індекс. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану геосистеми за ознаками її ґрунтово-самоочищувальної параметрично-процесної стійкості (здатності ґрунтів до самоочищення). Параметрично-процесна стійкість інших видів.

Параметрично-відновлювальна стійкість і її індекси для суходільних (теральних) геосистем і аква-теральних геосистем водотоків. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану геосистеми за ознаками її параметрично-відновлювальної стійкості (геоекологічної ситуації).

Параметрично-інтегральна стійкість і її види. Екомережна структурно-функціональна параметрично-інтегральна стійкість. Види параметрично-інтегральної стійкості басейнової геосистеми (водно-стокова, водно-якісна). Інші види параметричної стійкості природничої геосистеми.

Надійність природничої геосистеми та способи її ідентифікації. Розрахунок "повноміральної" надійності геосистеми в "прямих" і "обернених" задачах. Поняття про оптимальну ймовірність перевищення ресурсовидатності природничої геосистеми.

Умовна надійність природничої геосистеми. Повноструктурна модель спрощеної оцінки надійності геосистеми. Тестова (індикаторна) модель спрощеної оцінки надійності геосистеми. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану геосистеми за ознаками її умовної надійності (тестовим інтегральним індексом умовної надійності).

#### **Тема 4. ГЕОЕКОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЬНЕ РАЙОНУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЙНО-ДІАГНОСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ (10 год.)**

**Геоecологічне модельне районування.** Три принципіві групи підходів до геоекологічного модельного районування. Перша і друга групи підходів до районування. Третя група підходів до районування.

Поняття про геоекологічне модельне районування територій. Три етапи геоекологічного районування. Етап ініціального структурування обраних для районування територій.

Етап модельної параметризації досліджуваних територій. Принципіві особливості етапу модельної параметризації геоекологічного районування. Термінологія етапу параметризації. Стан макрогеосистеми досліджуваних територій і його ознаки. Розподіл стану макрогеосистеми територій на "стан за умовами" та "стан за наслідками" ресурсокористування та рівні цих станів. Критична група населення (ресурсокористувачів). Поняття про еталонні показники стану субструктур геоекологічного районування. Критеріальні категорійно-класифікаційні схеми рівнів стану субструктур районування за наслідками ресурсокористування.

Етап оцінювально-функціонального структурування досліджуваних територій. Різновиди функціональної структури макрогеосистеми досліджуваних територій. Початкова функціональна структура. Принципіві підходи етапу оцінювально-функціонального структурування. Умови стаціонарності (квазістаціонарності) та однорідності (квазіоднорідності) детермінованих і випадкових полів і субполів макрогеосистеми. Розробка ієрархічних класифікаційних схем зі спадними ланцюжками власне таксонів геоекологічного районування. Первинна функціональна структура макрогеосистеми. Інтегральна (вторинна) функціональна структура досліджуваних територій.

Принципи та способи реалізації положень геоекологічного модельного районування за допомогою ГІС-інструментарію.

#### **Оптимізаційно-діагностичне моделювання.**

**Оптимізація режимів управління геосистемами.** Загальна алгоритмічна схема геоекологічно-економічної оптимізації довготермінових і оперативних режимів управління природничими геосистемами та експлуатації їхніх природних ресурсів з обґрунтуванням ефективних геоекологічно-стабілізаційних заходів (алгоритмічна схема оптимізації). Три групи комплексних критеріїв оптимізації. Передумови оптимізації режимів управління геосистемами. Особливості оптимізації режимів управління геосистемами.

Складники загальної алгоритмічної схеми оптимізації. Поняття про оперативний або загальний режим експлуатації ресурсів із відповідним режимом управління.

Поняття про оперативну або загальну можливість ресурсокористування у випадку геоecологічно-економічно збалансованого управління геосистемами. Результувальні рішення схеми оптимізації. Витрачання / накопичення плати за ресурсокористування. Поняття про кінцеві (етапні) розрахунки з ресурсокористувачами.

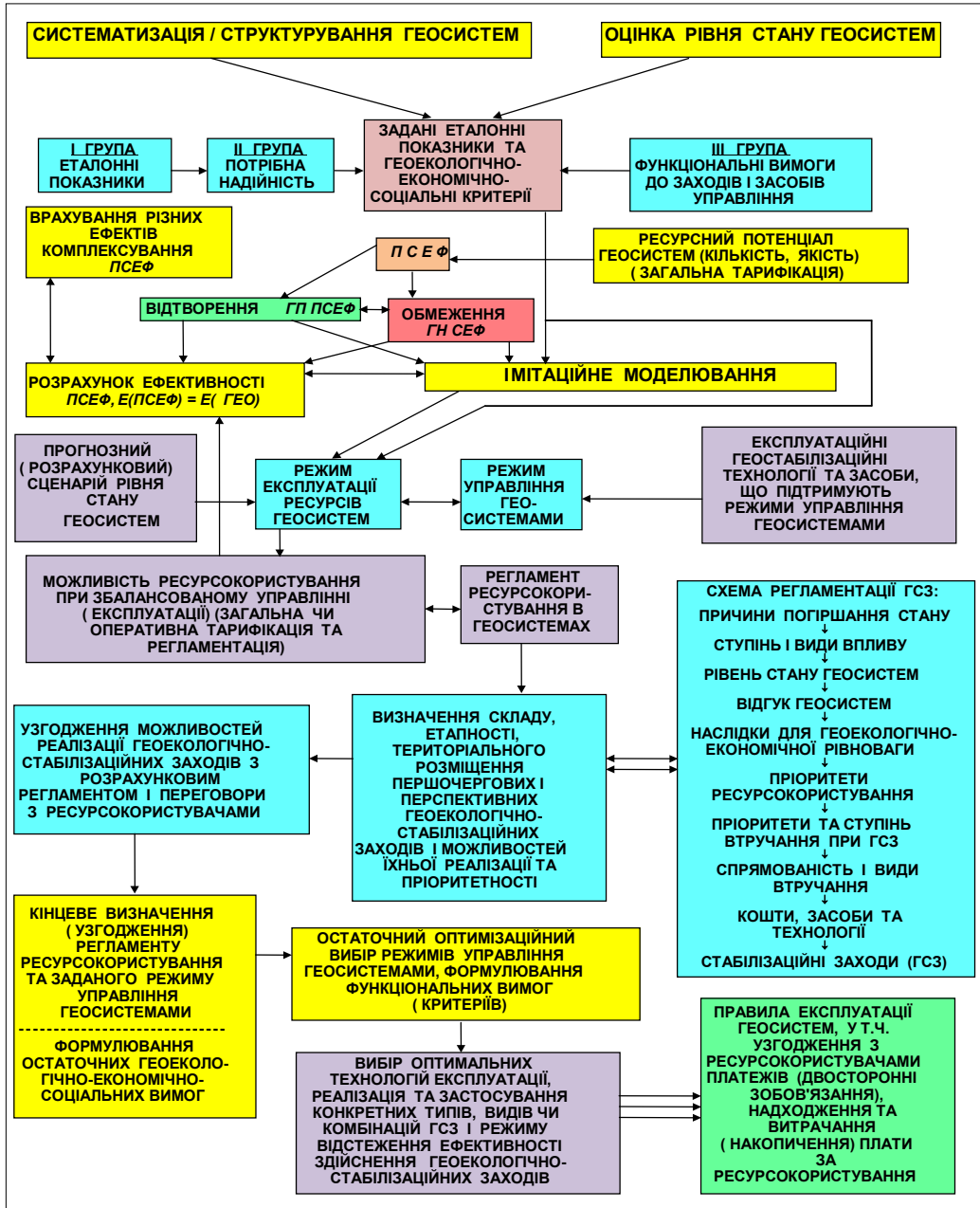
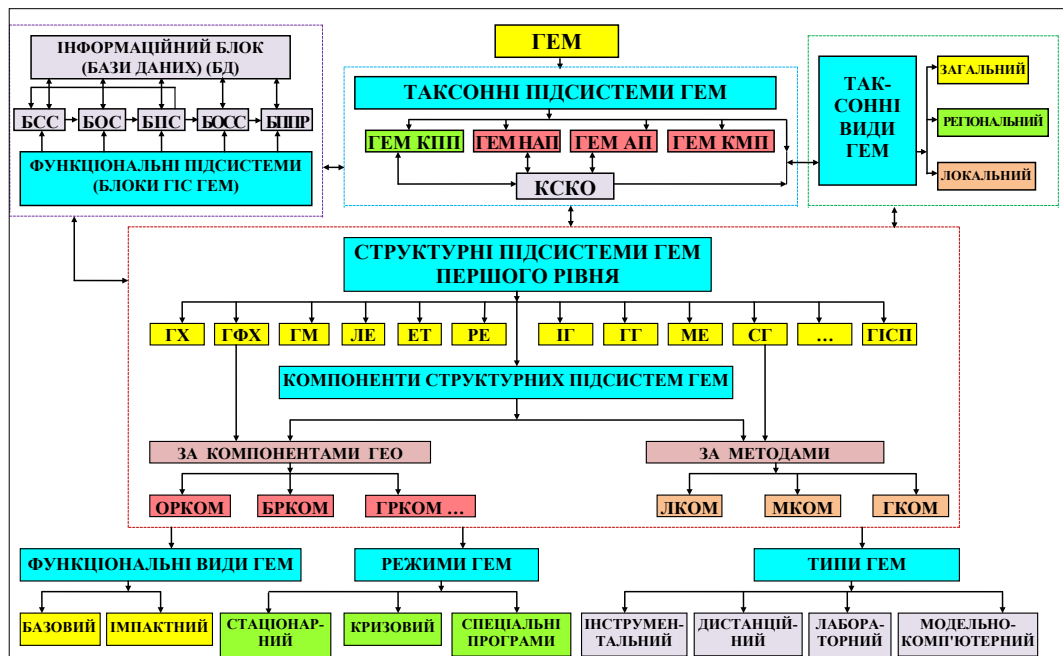


Рис.3 Загальна алгоритмічна схема геоecологічно-економічної оптимізації довготермінових і оперативних режимів управління природничими геосистемами



**Оптимізація геоecологічного моніторингу.** Загальне поняття про методикку оцінювання достовірності та відновлення геоecологічної інформації та оптимізації геоecологічного моніторингу (методикку СОД ГЕІ).

Геоecологічний моніторинг (геомоніторинг, ГЕМ) як система та її архітектура. Функціональні підсистеми геомоніторингу як блоків ГІС ГЕМ (блоки оцінювання та прогнозування стану і оцінювання спрогнозованого стану геосистем, блоки підтримки прийняття рішень і інформаційний). Критеріальний субблок класифікаційних ознак вибору складу та пріоритетності будь-яких підсистем геомоніторингу.



**Рис.4** Архітектура системи геоecологічного моніторингу (ГЕМ)

Таксонні підсистеми геомоніторингу. Таксонні види геомоніторингу (загальний, регіональний, локальний).

Структурні підсистеми геомоніторингу та їхні рівні. Групи ознак компонентів структурних підсистем геомоніторингу (за компонентами груп геопоказників і геопараметрів геосистеми та за принципами (методами) досліджень).

Функціональні види геомоніторингу (базовий, імпактний). Типи геомоніторингу (інструментальний, дистанційний, лабораторний, модельно-комп'ютерний). Режими геомоніторингу (стаціонарний, кризовий, за спеціальними програмами).

Принципова модель методикку СОД ГЕІ для оптимізації геоecологічного моніторингу в "прямих" задачах. "Обернені" задачі методикку СОД ГЕІ як власне оптимізаційні задачі геомоніторингу. Вихідна модель для оптимізаційних рішень геомоніторингу. Моделі початкового етапу оптимізації геомоніторингу. Розрахунково-оптимізаційні моделі геоecологічного моніторингу та їхні різновиди. Оптимізаційно-ітераційний вибір режиму та структури спостережень за комбінацією параметрів геомоніторингу.

Критерії ефективності геоecологічного моніторингу. Методична, системна та критеріальна однорідність геомоніторингу та однорідність і сполучність його інформації. Інформативність, (квазі)природно-натурально-антропогенна однорідність і оперативність геомоніторингу та достовірність його інформації. Режимно-моніторингова та інструментальна однорідність геомоніторингу та його сформованість.

**Діагностика першопричин погіршення стану геосистем.** Методика логіко-математичної модельної діагностики першопричин погіршення стану природничих геосистем (методика діагностики).

Алгоритмічна схема діагностики першопричин погіршення рівня стану природничих геосистем і головних складників цих першопричин за групами ознак стану геосистем (алгоритмічна схема діагностики). Модельні операції схеми діагностики. Особливості вихідного варіанта методики діагностики.

## **Змістовий модуль 2. ПРИКЛАДИ ТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИРОДНИЧИХ ГЕОСИСТЕМ**

### **Тема 5. ЛАНДШАФТНО-ГІДРОРАДІОЕКОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЬНЕ РАЙОНУВАННЯ (12 год.)**

Визначення та особливості ландшафтно-гідрорадіоекологічного модельного районування. Два складники моделювання. Складник, що базується на аналізованні та оцінюванні стану геосистем басейнової ЛТС як складників досліджуваної макрогеосистеми та ймовірних наслідків місцевого водокористування. Складник, що ґрунтується на аналізованні та оцінюванні стану геосистем генетико-морфологічної ЛТС і таксонів фізико-географічного районування та ймовірних наслідків як місцевого водокористування, так і місцевого загального ресурсокористування.

**Перша алгоритмічна схема.** Загальна алгоритмічна схема першого складника ландшафтно-гідрорадіоекологічного районування.

Етап модельної параметризації. Макрорівневе подавання динаміки макрогеосистеми досліджуваних територій. Подальша формалізація відповідних полів. Оперування заданими перетинами випадкових полів. Формалізація оцінювання ознак "стану за умовами" та ознак "стану за наслідками" водокористування.

Етап функціональної структуралізації. Початкова функціональна структура. Наявність двох часткових (допоміжних) алгоритмічних схем моделювання. Часткова алгоритмічна схема формування первинної змодельованої функціональної структури.

Класифікаційна схема гідрорадіоекологічно-ландшафтних таксонів районування. Тестовий річковий басейн. Район тестового річкового басейну (або гідрорадіоекологічно-ландшафтний район). Локальний максимум вельми погіршеного рівня стану (або гідрорадіоекологічно-ландшафтний локальний максимум). Часткова ж алгоритмічна схема створення інтегральної змодельованої функціональної структури.

**Друга алгоритмічна схема.** Загальна алгоритмічна схема другого складника ландшафтно-гідрорадіоекологічного районування.

Етап модельної параметризації. Алгоритмічна схема оцінки стану геосистем генетико-морфологічної ЛТС і таксонів фізико-географічного районування.

Макрорівневе подавання динаміки макрогеосистеми та подальша формалізація відповідних полів. Оперування заданими перетинами випадкових і детермінованих

полів просторових величин. Ознаки "стану за умовами" та "стану за наслідками" водо- і ресурсокористування.

Формування первинної змодельованої функціональної структури. Моделювання інтегральної (вторинної) змодельованої функціональної структури.

Класифікаційна схема ландшафтно-гідрорадіоекологічних таксонів: зона – провінція – область – район, що може поділятися на басейнові ділянки, – локальний максимум поганого рівня стану. Підсумкові характеристики радіоекологічного стану таксонів. Тестові результати ж районування за ландшафтно-гідрологічними за умовами та радіоекологічними наслідками місцевого водо- і ресурсокористування.



Рис.5 Приклад ландшафтно-гідрорадіоекологічного районування тестової макрогеосистеми

## Тема 6. МОДЕЛЮВАННЯ БАСЕЙНОВИХ ГЕОСИСТЕМ (14 год.)

Засновки моделювання.

**Моделювання середніх і великих басейнових геосистем.** (Квазі)природна підсистема заданої середньої або великої басейнової геосистеми. Натурально-антропогенна та антропогенна підсистеми басейнової геосистеми.

Моделювання складників стійкості басейнової геосистеми як природничої. Фазово-антропогенна стійкість басейнової геосистеми. Фазово-етологічна стійкість (ФЕС) басейнової геосистеми. Вододільно-водозбірна ФЕС басейнової геосистеми.

Види першого підтипу параметричної стійкості – параметрично-процесної стійкості басейнової геосистеми – флювіо-ерозійна, радіоекологічна, ацидифікаційна, ґрунтово-самоочишувальна і інші змістово зумовлені види цієї стійкості.

Параметрично-відновлювальна стійкість басейнової геосистеми.

Перший вид параметрично-інтегральної стійкості басейнової геосистеми – водно-стокова. Загально-самоочишувальна водно-стокова параметрично-інтегральна стійкість. Водно-якісна параметрично-інтегральна стійкість басейнової геосистеми.

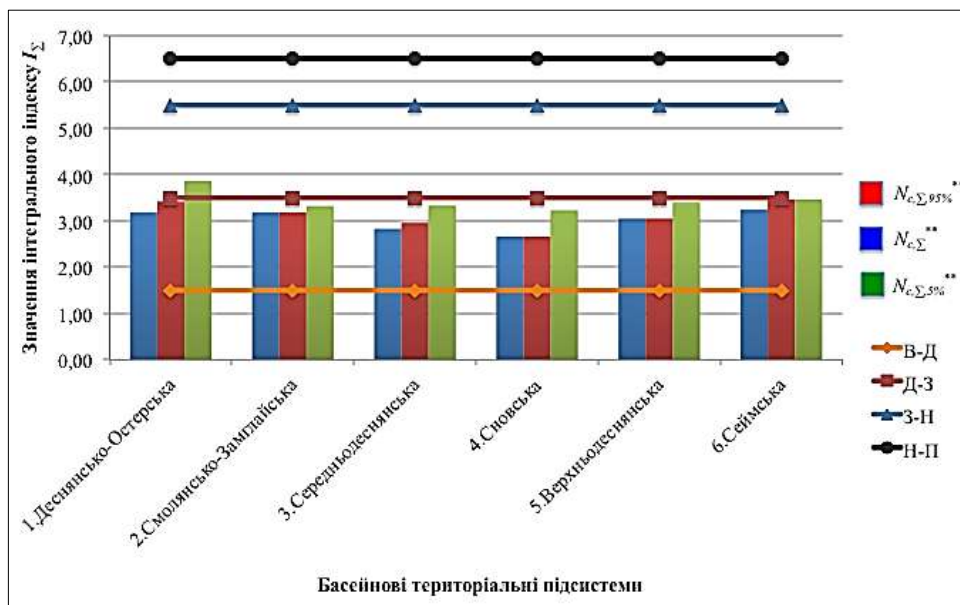


Рис.6 Значення нижнього, середнього та верхнього індексу рівня стану БТП БГ Десни за ознаками їхньої водно-якісної параметрично-інтегральної стійкості (інтегральна оцінка)

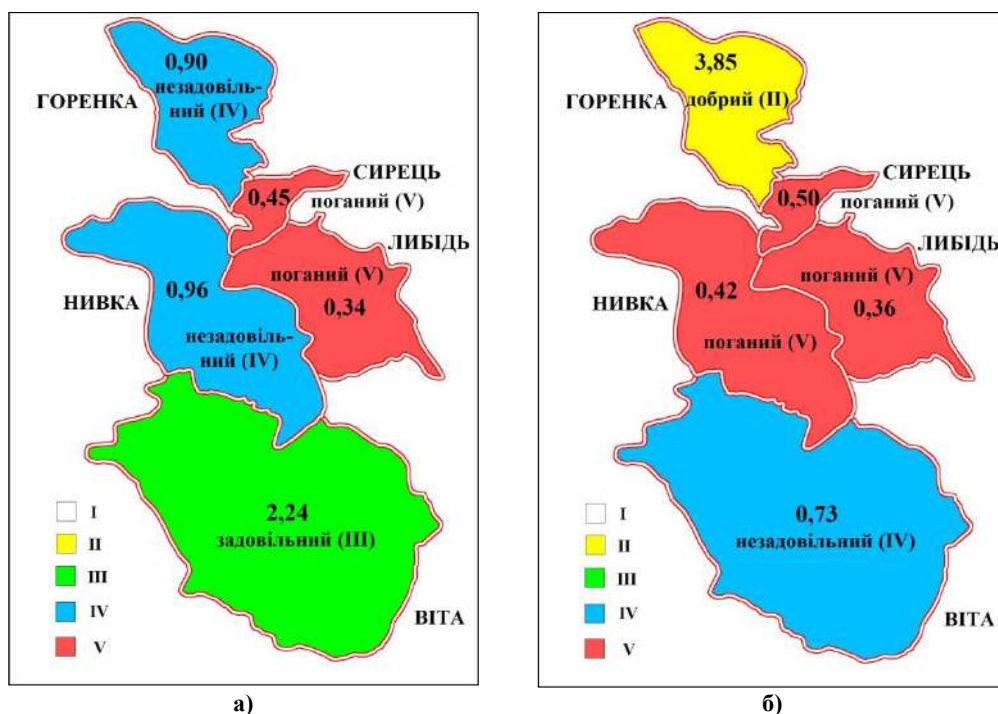


Рис.7 Рівень стану заплавних підсистем геосистем (а) і геосистем у цілому (б) за ознаками їхньої параметрично-відновлювальної стійкості (на прикладі тестових МУБГ річок Кисва)

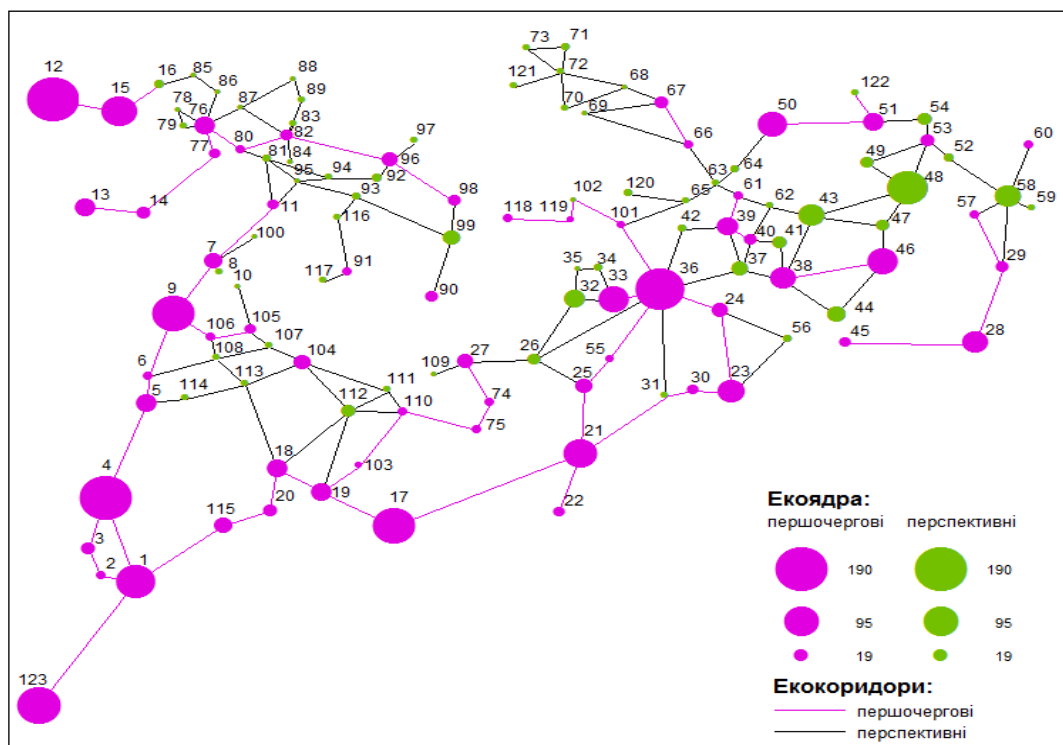
**Моделювання малих урболандшафтних басейнових геосистем (МУБГ).** (Квазі)природна підсистема МУБГ. Натурально-антропогенна та антропогенна підсистеми МУБГ.

Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану суходільних складників МУБГ за ознаками їхньої фазово-антропоізаційної стійкості (здатності до саморегуляції). Загальнофункціональна фазово-етологічна стійкість МУБГ. Гідромережна стійкість МУБГ. Параметрично-відновлювальна стійкість МУБГ. Загально-самоочищувальна стійкість МУБГ. Водно-якісна параметрично-інтегральна стійкість МУБГ.

### Тема 7. МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОМЕРЕЖ (8 год.)

Екомережна природнича геосистема. Біоландшафтна територіальна структура. Екомережа регіонального територіального рівня (регіональна екомережа або просто екомережа).

**Концептуальні підвалини моделювання екомереж.** Регіон моделювання екомережі (РМЕ). (Квазі)природна структура РМЕ. Натурально-антропогенна та антропогенна структури (підсистеми) регіону моделювання екомережі. Екомережні субструктури.



**Рис.8** Приклад графа на цифровій карті екомережі, побудованого на основі модельної структури *МС-8* у Північному Приазов'ї

Поняття про регіональну екомережу, що моделюється (*МЕМ*). Регіональні екомережні ядра й коридори та їхні буферні зони. Типологічна класифікація регіональних

екоядер. Типологічна класифікація регіональних екомережних коридорів. Типологічна класифікація буферних зон елементів екомережі.

**Критеріальний аспект моделювання екомереж.** Критерії ідентифікації й рівня природно-каркасної значущості можливих елементів екомереж. Критерії рівня стану об'єктів моделювання екомереж.

**Алгоритм і приклади моделювання екомереж.** Послідовне поетапне створення, узгодження й трансформація визначених модельних структур регіону моделювання екомережі. Характерні приклади реалізації алгоритму моделювання екомереж.

### Тема 8. МОДЕЛЮВАННЯ БЕРЕГОВИХ ГЕОТОНІВ (6 год.)

Геотонне структурування. Загальні риси своєрідності макрогеотону "берегова зона" (берегового макрогеотону). Особливості модельної ідентифікації геосистем макрогеотону. Типологічна класифікація каркасних меж берегової зони.

Зміст і критерії геотонного структурування берегового макрогеотону. Узбережжя (узбережна підзона), прибережна підзона, хвиле-прибійна підзона, заубережна або мета-теральна та інфра-аква-теральна підзони. Три мезополя загального структурування берегового макрогеотону.

Моделювання акваторійної межі хвилеприбійного мезогеотону. Моделювання геоелементів стану та суходільних меж хвилеприбійного і прибережного мезогеотонів.

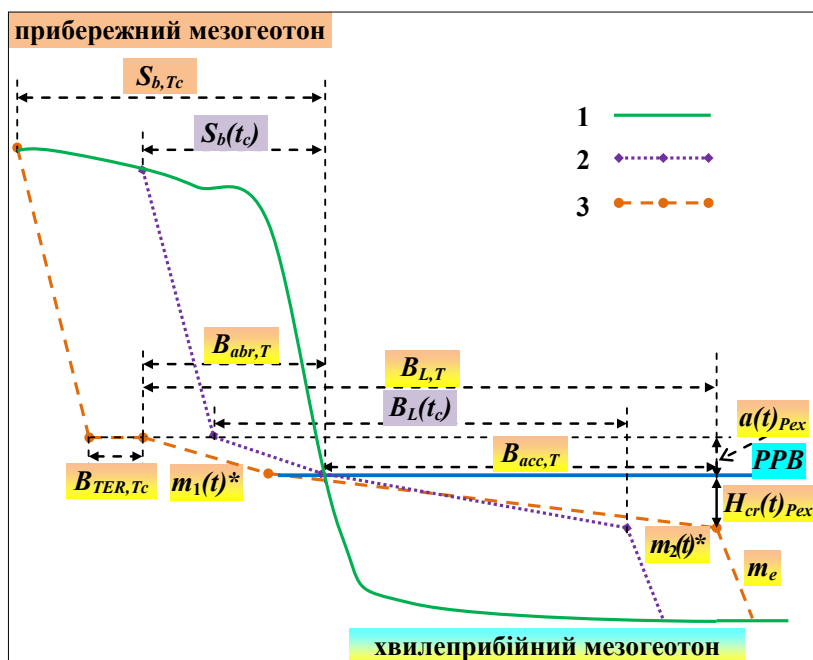


Рис.9 Геоеlementи стану забережного укосу та власне берега на розрахунково-прогнозному середньому профілі їхнього формування (на прикладі абразійного незсувного глибокого берега) (1 – початковий профіль; 2 – профіль на момент часу  $t_c$ ; 3 – профіль на стадії, близькій до стадії динамічної рівноваги)

## 2 СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ п/п	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	семінарські заняття	самостійна робота
<b>Змістовий модуль 1: Теоретично-методичні підвалини природничо-географічного моделювання</b>				
1	<b>Тема 1.</b> Уведення в дисципліну	4		8
2	<b>Тема 2.</b> Засновки природничо-географічного моделювання	4	2	8
3	<b>Тема 3.</b> Моделювання стану природничих геосистем	4	2	4
4	<b>Тема 4.</b> Геоекологічне модельне районування та оптимізаційно-діагностичне моделювання	4	2	4
	<i>Тематична контрольна робота 1</i>			2
<b>Змістовий модуль 2: Приклади тематичного моделювання природничих геосистем</b>				
5	<b>Тема 5.</b> Ландшафтно-гідрорадіоекологічне модельне районування	2	2	8
6	<b>Тема 6.</b> Моделювання басейнових геосистем	2	2	10
7	<b>Тема 7.</b> Моделювання екомереж	2	2	4
8	<b>Тема 8.</b> Моделювання берегових геотонів	2		4
	<i>Тематична контрольна робота 2</i>			2
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>24</b>	<b>12</b>	<b>54</b>

Загальний обсяг – 90 год., в тому числі:

лекцій – 24 год.

семінарських занять – 12 год.

самостійна робота – 54 год.

### 3. ЛЕКЦІЇ ТА СЕМІНАРИ

#### *Змістовий модуль 1* **ТЕОРЕТИЧНО-МЕТОДИЧНІ ПІДВАЛИНИ ПРИРОДНИЧО-ГЕОГРАФІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

#### **Тема 1. УВЕДЕННЯ В ДИСЦИПЛІНУ (12 год.)**

##### **Лекція 1. Вихідні поняття та систематизація природничо-географічних моделей (2 год.)**

Походження терміна та загальне визначення моделі. Об'єкт дослідження (об'єкт моделювання). Модель і моделювання довкілля в широкому розумінні.

Визначення моделі та моделювання в природничій географії. Природничо-географічна модель. Природничо-географічне моделювання. Природнича геосистема.



Систематизація природничо-географічних моделей. Теоретичні, напівемпіричні та емпіричні моделі. Принципи систематизації моделей (за об'єктом моделювання (дослідження), за призначенням, за логікою застосування, за способом побудови моделей і способом передавання відношень подібності, за комбінаціями принципів).

Систематизація природничо-географічних моделей за об'єктом моделювання (дослідження). Моделі чинників/умов стану природничих геосистем. Моделі структури геосистем. Моделі властивостей (атрибутів) геосистем. Моделі внутрішніх і зовнішніх геосистемних причинно-наслідкових зв'язків. Моделі місцезнаходження геосистем. Інтегровані моделі геосистем.

Поділ природничо-географічних моделей за набором ознак, серед яких переважає призначення. Імітаційні моделі. Систематизаційні моделі. Оптимізаційні моделі. Оцінювальні моделі (розрахункові, прогнозні, розрахунково-прогнозні).

Систематизація природничо-географічних моделей за логікою їхнього застосування. Моделі-аналоги. Моделі-презентації. Моделі-інтерпретації. Моделі комплексного дослідження (вивчення).

Систематизація природничо-географічних моделей за способом їхньої побудови й способом передавання відношень подібності. Прототипні моделі (генералізовані, ідеалізовані). Неформалізовані концептуальні моделі (вербально-звукові, іконічні). Формалізовані концептуальні моделі (графічно-знакові, логіко-математичні, алгоритмічні). Слабко та точно формалізовані моделі (детерміновані, суто стохастичні, детерміновано-стохастичні).



а)



б)

**Фото 1** Фото водоспаду Вікторія (Замбія/Зімбабве) як іконічна модель (а) та генералізована модель Великого Бар'єрного рифа (Австралія) (б)



Комбіновані природничо-географічні моделі. Режими застосування та форми створення/відображення природничо-географічних моделей.

**Завдання для самостійної роботи (4 год.):**

систематизація природничо-географічних моделей за об'єктом моделювання (дослідження) ([1, 2, 4, 5, 13-15, 19])

**Контрольні запитання й завдання:**

1. Що править за об'єкт дослідження в процесі природничо-географічного моделювання?
2. Що таке природничо-географічна модель?
3. Як кваліфікується природничо-географічне моделювання?
4. Чим відрізняється природнича геосистема від геосистеми загалом?
5. Прокоментуйте систематизацію природничо-географічних моделей за об'єктом моделювання (дослідження).
6. Чим відрізняються оцінювальні моделі від оптимізаційних?
7. Проілюструйте на прикладах сутність ідеалізованих моделей.
8. Навіщо застосовують алгоритмічні моделі?
9. Які моделі є найбільш перспективними й обґрунтованими для геопараметрів за повною їхньою структурою як випадкових величин?
10. Що таке портретні моделі?
11. Чим відрізняється динамічний режим застосування моделей від кінематично-анімаційного?

**Лекція 2. Графічно-знакові моделі, симплексні методи моделювання, етапи розробки та вимоги до природничо-географічних моделей (2 год.)**

Групи графічно-знакових моделей як різновиду концептуальних формалізованих природничо-географічних моделей. Типи аналітично-ілюстративних моделей (зображувальні, графіко-діаграмні, табличні, комбіновані аналітично-ілюстративні). Типи структурно-логічних моделей (структурно-інформаційні схематичні, структурно-логічні графічно-зображувальні, комбіновані структурно-логічні). Поняття про графи та фрейми як моделі.

Типи картографічно-геоінформаційних моделей (картографічні, геоінформаційні). Види картографічних моделей (географічні карти, топоплани, картографічні перетинно-секційні (поперечні профілі, вертикальні розрізи, блок-діаграми), комбіновані).

Види геоінформаційних моделей (загальні, спеціальні, комбіновані). Підвиди спеціальних геоінформаційних моделей. Моделі рендерингу. Поняття про цифрові моделі рельєфу (ЦМР). Моделі драпування. Моделі кінематично-анімаційної або динамічної інтерактивної візуалізації тривимірних зображень. Маршрутно-оптимізаційні моделі. Поняття про маршрутизацію та маршрут найменшої вартості. Дослідницькі геоінформаційні моделі. Тренінгові геоінформаційні моделі. Моделі мультимедійних засобів накопичення просторових даних. Поняття про електронну карту та електронний атлас. Інші спеціальні геоінформаційні моделі. Приклади комбінованих геоінформаційних моделей.

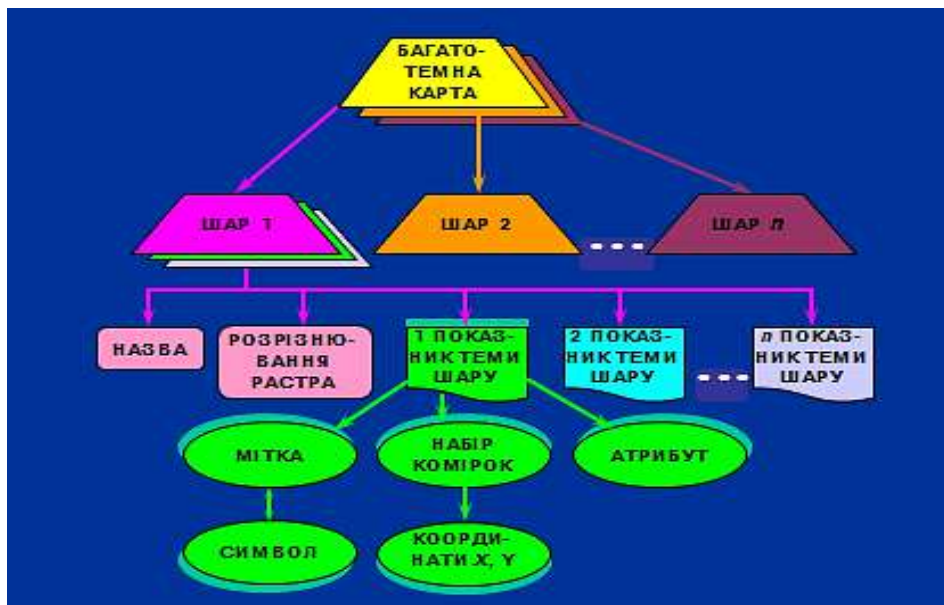


Рис.10 Схема тренінгової геоінформаційної моделі даних МАР

Комбіновані графічно-знакові моделі та їхні характерні приклади.

Найбільш застосовні симплексні методи природничо-географічного моделювання. Група методів кореляційного та регресійного аналізу, а також спектрального аналізу. Метод групового урахування аргументів (МГУА). Група методів прогнозної екстраполяції. Група методів факторного та кластерного аналізу. Матричний метод моделювання та аналізу. Метод графів. Поняття про точно та слабо формалізовані моделі.

Етапи розробки комплексної природничо-географічної моделі. Словесний (вербальний) опис моделі. Графічне або картографічно-геоінформаційне подавання моделі. Математичний опис моделі. Алгоритмічний опис моделі. Програмний опис моделі. Поняття про мови *UML* і *GML*.

Загальні вимоги до природничо-географічних моделей.

**Завдання для самостійної роботи (4 год.):**

симплексні методи природничо-географічного моделювання ([1, 2, 4-6, 13-15, 19])

**Контрольні запитання й завдання:**

1. Що таке граф? Наведіть його приклади.
2. Побудуйте фрейм для обраної Вами географічної інформації.
3. Проілюструйте на прикладах картографічні перетинно-секційні моделі.
4. Що таке цифрова модель рельєфу?
5. Прокоментуйте створення моделей "дранування".
6. Для чого застосовуються моделі кінематично-анімаційної або динамічної інтерактивної візуалізації тривимірних зображень і якими є їхні переваги?

7. Поясніть зміст маршруту найменшої вартості та наведіть його приклади.
8. Які Ви знаєте тренінгові геоінформаційні моделі?
9. Наведіть приклади моделі інформаційно-мережного перегляду просторових даних.
10. Якими можуть бути комбіновані геоінформаційні моделі?
11. До якої групи моделей відносяться картосхеми й картодіаграми?
12. На чому базуються методи прогнозної екстраполяції?
13. Чим відрізняється факторний аналіз від кластерного? Наведіть приклади.
14. Навіщо застосовується алгоритмічний опис моделі або процесу моделювання?
15. Що таке мова GML?
16. Прокоментуйте з прикладами загальні вимоги до природничо-географічних моделей.

## **Тема 2. ЗАСНОВКИ ПРИРОДНИЧО-ГЕОГРАФІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ (14 год.)**

### **Лекція 3. Генезисно-еволюційні структурно-функціональні підсистеми природничої геосистеми (2 год.)**

Основний зміст, мета, методологічні принципи та підходи природничо-географічного моделювання. Структурно-функціональна формалізація природничої геосистеми. Генезисно-еволюційні структурно-функціональні підсистеми природничої геосистеми, їхній перетин та динаміка.

(Квазі)природна підсистема природничої геосистеми. Різномірні геосистеми ландшафтних територіальних структур (ЛТС) і таксонів певного районування.

Натурально-антропогенна та антропогенна підсистеми природничої геосистеми. Поняття про рівень натуральності геосистем. Змістово-функціональне та експертно-параметричне визначення міри антропізації та рівня натуральності геосистем у залежності від міри антропогенного впливу на них. Геосистеми натурально-антропогенної та антропогенної підсистем та їхні приклади.

Міра антропогенного впливу для суходільних (теральних) геосистем. Поняття про системи землекористування та/або наслідків землекористування (СЗК/НЗ). Робоча шкала міри антропізації (рівня натуральності) суходільних геосистем і її приклад для рівнинних геосистем регіонально-районного рангу. Склад і особливості природоохоронної, болотяної, лісової та чагарниково-трав'яної геосистем робочої шкали міри антропізації. Склад і особливості аграрної геосистеми робочої шкали міри антропізації. Склад і особливості гідротехнічно-гідромеліоративної, рекреаційно-оздоровчої, селитебної, гірничопромислової та транспортно-зв'язкової геосистем робочої шкали міри антропізації. Склад і особливості без(рідко)рослинної, гетерогенної та інших геосистем робочої шкали міри антропізації. Поняття про індекс антропізації суходільних геосистем певного об'єкта моделювання.

Шкала міри антропізації (рівня натуральності) аква-теральних геосистем: стан проблеми. Шкала та категорії міри антропізації аква-теральних геосистем русла

(ложа) і берегів натуральних і штучних водотоків. Поняття про задані варіанти антропогенного впливу на аква-теральні геосистеми та/або наслідків такого впливу як безпідпірної або підпірної каналізації русла і берегів. Поняття про індекс антропоізації аква-теральних геосистем певного об'єкта моделювання.

Формалізація підсистеми каркасних меж природничої геосистеми.

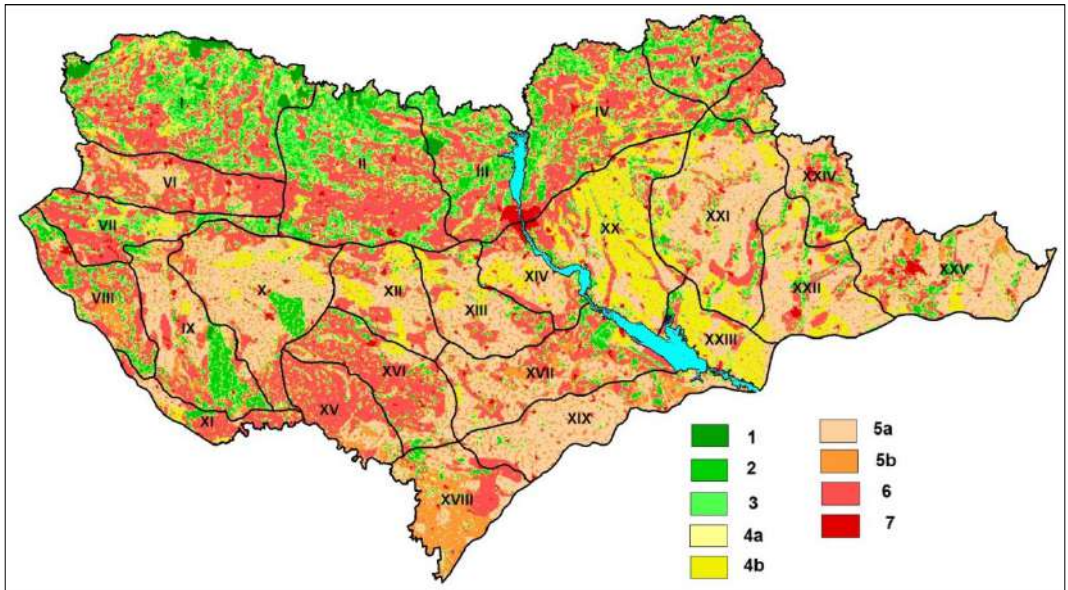


Рис.11 Поля геосистем натурально-антропогенної (1-3) та антропогенної (4а-7) підсистем фізико-географічних областей України

**Семінарське заняття 1. Генезисно-еволюційні підсистеми природничої геосистеми – 2 год.**

1. (Квазі)природна підсистема природничої геосистеми.
2. Натурально-антропогенна та антропогенна підсистеми природничої геосистеми.
3. Міра антропогенного впливу для суходільних (теральних) геосистем.
4. Шкала міри антропоізації (рівня натуральності) аква-теральних геосистем.

**Завдання для самостійної роботи (4 год.):**

підсистеми каркасних меж природничої геосистеми ([1, 2, 4, 6, 13-15])

**Контрольні запитання й завдання:**

1. Які генезисно-еволюційні структурно-функціональні підсистеми природничої геосистеми Ви знаєте?
2. З чим ототожнюється (квазі)природна підсистема природничої геосистеми?
3. Як Ви розумієте рівень натуральності геосистем?

4. Поясніть на прикладах різницю між натурально-антропогенною та антропогенною підсистемами природничої геосистеми.
5. Від чого залежить міра антропізації геосистем?
6. Який рівень натуральності геосистем відповідає помірному антропогенному впливу на них?
7. Яким чином задається міра антропогенного впливу для суходільних геосистем?
8. Поясніть принципи побудови робочої шкали міри антропізації суходільних геосистем.
9. На які складники поділяється без(рідко)рослинна антропогенна геосистема I-го рівня для оцінювання міри її антропізації?
10. Як буде виглядати формалізований запис для складників аграрної антропогенної геосистеми I-го рівня?
11. Поясніть структуру формули індексу антропізації суходільних геосистем певного об'єкта моделювання.
12. Чим відрізняється шкала міри антропізації аква-теральних геосистем русла і берегів натуральних і штучних водотоків від такої шкали для суходільних геосистем?
13. Що таке індекс антропізації аква-теральних геосистем певного об'єкта моделювання?
14. Що слід обов'язково зазначати під час структурно-функціональної формалізації (квазі)природно-натурально-антропогенних геосистем ГЕО для безпосереднього моделювання?

#### **Лекція 4. Класи структурно-функціональної організації природничої геосистеми (2 год.)**

Класи структурно-функціональної організації природничої геосистеми та їхня реалізація. Поняття про природно-соціально-економічні функції (ПСЕФ) природничої геосистеми. Стабілізація та поліпшення стану природничої геосистеми та їхня етапність. Перший принциповий критерій геоекологічно-економічного збалансування управління станом природничої геосистеми.

Поняття про систематизацію та/або структурування природничих геосистем. Критерії, ієрархія, таксони, підходи та приклади систематизації/структурування.

Природні ресурси природничої геосистеми. Рангування природних ресурсів геосистеми. Поняття про структурно-функціональну тарифікацію природних ресурсів геосистеми. Вимоги до тарифікаційної схеми природних ресурсів геосистеми.

Формалізація природно-соціально-економічних функцій (ПСЕФ) природничої геосистеми. Поняття про потенціал природно-соціально-економічних функцій геосистеми. Загальний природно-соціально-економічний потенціал геосистеми та його різновиди. Зміст геоекологічно-економічного нормування з відповідною оптимізацією управління станом природничої геосистеми. Загальні потенціали геопозитивних і геонегативних ПСЕФ. Розрахунок загального потенціалу геосистеми. Модель ефективності реальних, можливих чи доцільних за геоекологічними критеріями ПСЕФ як ефективності використання ресурсів природничої геосистеми та ефективності режиму її експлуатації. Другий принциповий критерій геоекологічно-економічного

збалансування управління станом природничої геосистеми. Класифікація природно-соціально-економічних функцій природничої геосистеми. Поняття про сервіси екосистем (геосистем) і їхнє співвідношення з ПСЕФ. Принципи деталізації класифікаційної схеми ПСЕФ.

**Завдання для самостійної роботи (4 год.):**

сервіси екосистем (геосистем) і їхнє співвідношення з ПСЕФ ([1, 13, 20])

**Контрольні запитання й завдання:**

1. На які головні класи структурно-функціональної організації поділяється природнича геосистема?
2. Поясніть зміст природно-соціально-економічних функцій геосистеми.
3. Як виглядає перший принциповий критерій геоecологічно-економічного збалансування управління станом природничої геосистеми?
4. Навіщо потрібні систематизація та/або структурування геосистем?
5. Побудуйте граф структурування певної геосистеми.
6. Яким чином ранжуються природні ресурси геосистеми?
7. Що таке структурно-функціональна тарифікація природних ресурсів геосистеми?
8. За якими ознаками можна типізувати природні ресурси геосистеми?
9. Поясніть зміст моделі потенціалу природно-соціально-економічних функцій геосистеми.
10. Якою є модель ефективності режиму експлуатації геосистеми?
11. Поясніть сутність другого принципового критерію геоecологічно-економічного збалансування управління станом природничої геосистеми?
12. Які Ви знаєте довілля-ресурсо-відтворювальні ПСЕФ геосистеми?
13. Що таке "екоризикові" ПСЕФ геосистеми?
14. Проілюструйте на прикладах склад самоочищувальних ПСЕФ геосистеми.
15. Що таке екосистемні сервіси (послуги) і як вони співвідносяться з ПСЕФ геосистеми?

**Тема 3. МОДЕЛЮВАННЯ СТАНУ ПРИРОДНИЧИХ ГЕОСИСТЕМ (10 год.)**

**Лекція 5. Модельно-параметрична формалізація та стохастична структура геосистем (2 год.)**

Макрорівень модельно-параметричної формалізації геосистеми. Сукупності груп ознак, показників (геопоказників) і параметрів (геопараметрів) стану геосистеми та записи її динаміки. Поняття про часову та просторову область визначення випадкової функції та її область значень.

Мезорівень модельно-параметричної формалізації геосистеми. Системи компонентів і субкомпонентів за групами геопоказників і геопараметрів і відповідні записи динаміки геосистеми.

Мікрорівень модельно-параметричної формалізації геосистеми. Системи елементів за компонентами груп геопоказників і геопараметрів і відповідні записи динаміки геосистеми.

Характерні приклади модельно-параметричної формалізації природничої геосистеми. Формалізація аква-теральної геосистеми великої водойми. Формалізація аква-теральної геосистеми берегової зони водосховищ.

Набір головних характеристик стохастичної структури природничої геосистеми.

Поняття про геостохастичні функції (геофункції). Індивідуальні та спільні геостохастичні функції елементів ( $n$ -го порядку) геопараметрів. Індивідуальні геостохастичні щільності елементів геопараметрів. Закони розподілу, які визначають структуру геостохастичних функцій. Традиційні та загальнорегіональні геофункції.

Автокореляційні суто часові та просторово-часові функції випадкових функцій елементів геопараметрів. Вибіркові функції випадкових функцій елементів геопараметрів різних модифікацій (вибіркові функції геопараметрів).

Опорні положення, які засвідчують ефективність, універсальність і переваги застосування визначених стохастичних інформаційних засобів для геоінформаційного моделювання природничих геосистем. Квазістаціонарність індивідуальних геостохастичних функцій. Квазіоднорідність та квазіізотропність випадкових функцій елементів геопараметрів у вигляді квазістаціонарних скалярних полів. Імітація адекватних умов проведення стохастичних дослідів для наступних геоінформаційно-модельних оцінювань стану природничих геосистем. Умовна ергодичність (квазіергодичність) випадкових функцій елементів геопараметрів. Універсальність параметрів геостохастичних і автокореляційних функцій випадкових функцій елементів геопараметрів природничих геосистем.

Детерміновано-стохастичні моделі динаміки природничої геосистеми (геостохастичні моделі). Загальна структура геостохастичних моделей. Загальний розрахунковий вигляд геостохастичних моделей для логнормального розподілу. Розрахунково-прогнозувальні підрівні геостохастичних моделей ("суто" часовий або режимний, "суто" просторовий або системний, режимно-системний та інші підрівні). Загальний розрахунковий вигляд геостохастичних моделей для розподілу Гудріча.

## **Семінарське заняття 2. Модельно-параметрична формалізація та стохастична структура геосистем – 2 год.**

1. Модельно-параметрична формалізація геосистем і їхньої динаміки.
2. Стохастична структура геосистем.
3. Квазіоднорідність та квазіізотропність випадкових функцій елементів геопараметрів.
4. Геостохастичні моделі.

### **Завдання для самостійної роботи (4 год.):**

квазіергодичність випадкових функцій елементів геопараметрів ([1, 2, 5, 9-11])

### **Контрольні запитання й завдання:**

1. На яких рівнях здійснюється модельно-параметрична формалізація природничої геосистеми?

2. Як розглядається динаміка природничої геосистеми під час моделювання її стану?
3. Яким чином формалізують геосистему на макрорівні?
4. Поясність, чим відрізняються групи геопоказників і групи геопараметрів.
5. Що таке системи компонентів і субкомпонентів за групами показників і геопараметрів геосистеми?
6. Чим відрізняється мезорівень формалізації геосистеми від мікрорівня?
7. У чому полягає різниця між загальним, оптимальним і заданим складом компонентів і елементів компонентів геопараметрів геосистеми? Поясність на прикладах.
8. Наведіть характерні приклади модельно-параметричної формалізації геосистем.
9. Що містить набір головних характеристик стохастичної структури геосистеми?
10. Що таке геостохастичні функції?
11. Яким є запис індивідуальних геостохастичних щільностей певних елементів геопараметрів?
12. Чому для геостохастичних функцій елементів геопараметрів найчастіше застосовують їхню структуру, яка відповідає схемі логнормального розподілу?
13. Поясність теоретичну схему модифікованого розподілу Гудріча.
14. Як отримуються спільні геостохастичні функції?
15. Чим відрізняються між собою традиційні та загально регіональні геофункції?
16. Як подаються автокореляційні суто часові та просторово-часові функції випадкових функцій елементів геопараметрів?
17. Що таке вибіркові функції геопараметрів?
18. У чому полягають опорні положення, які визначають ефективність стохастичних інформаційних засобів для імовірнісного математичного аналізу та геоінформаційного моделювання природничих геосистем?
19. Про що свідчать квазієргодичні властивості випадкових функцій елементів геопараметрів?
20. Що таке геостохастичні моделі і яким є їхній загальний вигляд?
21. Дайте характеристику розрахунково-прогнозувальним підрівням геостохастичних моделей.

### **Лекція 6. Стійкість і надійність геосистем (2 год.)**

Стан природничої геосистеми у широкому тлумаченні. Різновиди або складними стану геосистеми. Рівень стану природничої геосистеми за ознаками її стійкості та надійності. Поняття про статус геосистеми. Ознаки стану природничої геосистеми. Еталонні показники властивостей геосистеми. Загальна класифікаційна схема складників рівня стану (стійкості та надійності) природничо-географічної геосистеми.

Стійкість природничої геосистеми та її типи. Фазова стійкість геосистеми та її підтипи. Фазово-антропізаційна стійкість і її індекс. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану геосистеми за ознаками її фазово-антропізаційної стійкості



(здатності до саморегуляції). Універсальність категорійно-класифікаційних схем рівнів стану геосистеми. Фазово-етологічна стійкість геосистеми. Види фазово-етологічної стійкості (екомережна, басейнових геосистем (гідромережна та вододільно-водозбірна) та інші види).

Параметрична стійкість природничої геосистеми та її підтипи. Загальна модель і види параметрично-процесної стійкості геосистеми.

Флювіо-ерозійна параметрично-процесна стійкість і її індекс. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану геосистеми за ознаками її флювіо-ерозійної параметрично-процесної стійкості (інтенсивності флювіальної ерозії).

Радіогеоекологічна параметрично-процесна стійкість і її індекс. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану геосистеми за ознаками її радіогеоекологічної параметрично-процесної стійкості.

Ацидифікаційна параметрично-процесна стійкість і її індекс. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану геосистеми за ознаками її ацидифікаційної параметрично-процесної стійкості (ступеня ацидифікації водозбору).

Грунтово-самоочищувальна параметрично-процесна стійкість і її індекс. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану геосистеми за ознаками її ґрунтово-самоочищувальної параметрично-процесної стійкості (здатності ґрунтів до самоочищення). Параметрично-процесна стійкість інших видів.

Параметрично-відновлювальна стійкість і її індекси для суходільних (теральних) геосистем і аква-теральних геосистем водотоків. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану геосистеми за ознаками її параметрично-відновлювальної стійкості (геоекологічної ситуації).



Рис.12 Рівні стану фізико-географічних районів за ознаками їхньої параметрично-відновлювальної стійкості (на прикладі районів Житомирсько-Поліської області Поліського краю зони мішаних (хвойно-широколистяних) лісів) (9...19 – коди районів; 2,14...0,08 – індекси параметрично-відновлювальної стійкості районів; 3...6 – категорії рівня стану районів)

Параметрично-інтегральна стійкість і її види. Екомережна структурно-функціональна параметрично-інтегральна стійкість. Види параметрично-інтегральної стійкості басейнової геосистеми (водно-стокова, водно-якісна). Інші види параметричної стійкості природничої геосистеми.

Надійність природничої геосистеми та способи її ідентифікації. Розрахунок "повноміральної" надійності геосистеми в "прямих" і "обернених" задачах. Поняття про оптимальну ймовірність перевищення ресурсовидатності природничої геосистеми.

Умовна надійність природничої геосистеми. Повноструктурна модель спрощеної оцінки надійності геосистеми. Тестова (індикаторна) модель спрощеної оцінки надійності геосистеми. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану геосистеми за ознаками її умовної надійності (тестовим інтегральним індексом умовної надійності).

**Контрольні запитання й завдання:**

1. Що таке стан природничої геосистеми в широкому тлумаченні?
2. Які Ви знаєте ознаки стану геосистеми?
3. Чим відрізняються між собою стан та статус геосистеми?
4. Поясніть, яким чином визначаються еталонні показники властивостей геосистеми.
5. Дайте визначення стійкості природничої геосистеми.
6. Якою є загальна структура моделі стійкості геосистеми?
7. Яким чином кваліфікується фазова стійкість геосистеми? Наведіть приклади.
8. За яким параметром моделюється фазово-антропоізаційна стійкість геосистеми?
9. Що відображає фазово-етологічна стійкість геосистеми?
10. Наведіть приклади видів фазово-етологічної стійкості для різних природничих типів геосистем.
11. У чому сутність параметричної стійкості природничої геосистеми?
12. Прокоментуйте зміст загального вигляду індексу параметрично-процесної стійкості геосистеми.
13. Чим відрізняються між собою види параметрично-процесної стійкості?
14. Визначте особливості моделювання флювіо-ерозійної параметрично-процесної стійкості геосистеми.
15. Що таке індекс рівня радіогеоекологічного стану модельної природничої геосистеми?
16. Чим вирізняється категорійно-класифікаційна схема для оцінювання ацидифікаційної параметрично-процесної стійкості природничої геосистеми?
17. Поясніть зміст моделювання ґрунтово-самоочищувальної параметрично-процесної стійкості геосистеми.
18. Яке поняття є аналогом поняття параметрично-відновлювальної стійкості геосистеми?
19. Чим відрізняється зміст параметрично-інтегральної стійкості для екомережних і басейнових геосистем?

20. Що таке "повномірильна" надійність природничої геосистеми?
21. Як потрібно тлумачити поняття "оптимальна ймовірність перевищення ресурсовидатності природничої геосистеми"?
22. Який рівень стану геосистеми кваліфікується, як той, що відповідає її вимоговій геоecологічно-економічній рівновазі?

#### **Тема 4. ГЕОЕКОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЬНЕ РАЙОНУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЙНО-ДІАГНОСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ (10 год.)**

##### **Лекція 7. Геоecологічне модельне районування (2 год.)**

Три принципові групи підходів до геоecологічного модельного районування. Перша і друга групи підходів до районування. Третя група підходів до районування.

Поняття про геоecологічне модельне районування територій. Три етапи геоecологічного районування. Етап ініціального структурування обраних для районування територій.

Етап модельної параметризації досліджуваних територій. Принципові особливості етапу модельної параметризації геоecологічного районування. Термінологія етапу параметризації. Стан макрогеосистеми досліджуваних територій і його ознаки. Розподіл стану макрогеосистеми територій на "стан за умовами" та "стан за наслідками" ресурсокористування та рівні цих станів. Критична група населення (ресурсокористувачів). Поняття про еталонні показники стану субструктур геоecологічного районування. Критеріальні категорійно-класифікаційні схеми рівнів стану субструктур районування за наслідками ресурсокористування.

Етап оцінювально-функціонального структурування досліджуваних територій. Різновиди функціональної структури макрогеосистеми досліджуваних територій. Початкова функціональна структура. Принципові підходи етапу оцінювально-функціонального структурування. Умови стаціонарності (квазістаціонарності) та однорідності (квазіоднорідності) детермінованих і випадкових полів і субполів макрогеосистеми. Розробка ієрархічних класифікаційних схем зі спадними ланцюжками власне таксонів геоecологічного районування. Первинна функціональна структура макрогеосистеми. Інтегральна (вторинна) функціональна структура досліджуваних територій.

Принципи та способи реалізації положень геоecологічного модельного районування за допомогою ГІС-інструментарію.

##### **Контрольні запитання й завдання:**

1. Які Ви знаєте три принципові групи підходів до модельного комп'ютеризованого районування обраних для дослідження територій за заданими геоecологічними показниками?
2. Що таке геоecологічне модельне районування територій?
3. Які взаємопов'язані етапи вирізняють у процесі геоecологічного модельного районування?
4. На яких засновках базується етап ініціального структурування під час геоecологічного районування?

5. Яким є головний формалізаційний принцип етапу модельної параметризації як етапу геоecологічного районування?
6. Чим відрізняється етап модельної параметризації від етапу загальної структуралізації?
7. Чи може будь-яка з груп геопоказників або геопараметрів геосистеми розглядатися як неявна (загальноцільова)? Наведіть приклади.
8. Дайте характеристику принципів особливостей етапу модельної параметризації геоecологічного районування..
9. Що таке "модельні" та "умовно модельні" складники різних рівнів параметричної структури геоecологічного районування території?
10. За рахунок чого може виникнути "зредукованість" вихідних для модельного районування (квазі)природних геосистем?
11. Що таке стан макрогеосистеми досліджуваних територій?
12. Чому принципово можливим і бажаним є розподіл стану макрогеосистеми досліджуваних територій і її субструктур на "стан за умовами" та "стан за наслідками" ресурсокористування?
13. Як тестується рівень стану заданих субструктур районування?
14. Що таке критична група населення (ресурсокористувачів) і як здійснюється її вибір? Наведіть приклади.
15. Що може правити за вибіркові або інтегральні оцінні показники геоecологічної безпеки для цілей геоecологічного районування?
16. Якою є мета створення критеріальних категорійно-класифікаційних схем рівнів стану субструктур районування? Наведіть приклади.
17. На які складники розподіляється функціональна структура макрогеосистеми в процесі геоecологічного районування?
18. Яким чином можна сформувати початкову функціональну структуру?
19. Якими є принципові підходи етапу оцінювально-функціонального структурування?
20. Дайте характеристику модельним рішенням і побудовам, найбільш обґрунтованим для досягнення умов квазістаціонарності та квазіоднорідності детермінованих і випадкових полів макрогеосистеми під час районування.
21. Що таке "інтервальна" квазістаціонарність? Проілюструйте на прикладах.
22. Яким чином розробляються ієрархічні класифікаційні схеми власне таксонів геоecологічного районування?
23. Чим принципово відрізняються між собою первинна та інтегральна змодельовані функціональні структури макрогеосистеми досліджуваних територій?

## **Лекція 8. Оптимізаційно-діагностичне моделювання (2 год.)**

Загальна алгоритмічна схема геоecологічно-економічної оптимізації довготермінових і оперативних режимів управління природничими геосистемами та експлуатації їхніх природних ресурсів з обґрунтуванням ефективних геоecологічно-стабілізаційних заходів (алгоритмічна схема оптимізації). Три групи комплексних критеріїв

оптимізації. Передумови оптимізації режимів управління геосистемами. Особливості оптимізації режимів управління геосистемами.

Складники загальної алгоритмічної схеми оптимізації. Поняття про оперативний або загальний режим експлуатації ресурсів із відповідним режимом управління. Поняття про оперативну або загальну можливість ресурсокористування у випадку гео-екологічно-економічно збалансованого управління геосистемами. Результувальні рішення схеми оптимізації. Витрачання / накопичення плати за ресурсокористування. Поняття про кінцеві (етапні) розрахунки з ресурсокористувачами.

Оптимізація гео-екологічного моніторингу. Загальне поняття про методику оцінювання достовірності та відновлення гео-екологічної інформації та оптимізації гео-екологічного моніторингу (методику СОД ГЕІ).

Гео-екологічний моніторинг (геомоніторинг, ГЕМ) як система та її архітектура. Функціональні підсистеми геомоніторингу як блоків ГИС ГЕМ (блоки оцінювання та прогнозування стану і оцінювання спрогнозованого стану геосистем, блоки підтримки прийняття рішень і інформаційний). Критеріальний субблок класифікаційних ознак вибору складу та пріоритетності будь-яких підсистем геомоніторингу.

Таксонні підсистеми геомоніторингу. Таксонні види геомоніторингу (загальний, регіональний, локальний).

Структурні підсистеми геомоніторингу та їхні рівні. Групи ознак компонентів структурних підсистем геомоніторингу (за компонентами груп геопоказників і гео-параметрів геосистеми та за принципами (методами) досліджень).

Функціональні види геомоніторингу (базовий, імпактний). Типи геомоніторингу (інструментальний, дистанційний, лабораторний, модельно-комп'ютерний). Режими геомоніторингу (стаціонарний, кризовий, за спеціальними програмами).

Принципова модель методики СОД ГЕІ для оптимізації гео-екологічного моніторингу в "прямих" задачах. "Обернені" задачі методики СОД ГЕІ як власне оптимізаційні задачі геомоніторингу. Вихідна модель для оптимізаційних рішень геомоніторингу. Моделі початкового етапу оптимізації геомоніторингу. Розрахунково-оптимізаційні моделі гео-екологічного моніторингу та їхні різновиди. Оптимізаційно-ітераційний вибір режиму та структури спостережень за комбінацією параметрів геомоніторингу.

Критерії ефективності гео-екологічного моніторингу. Методична, системна та критеріальна однорідність геомоніторингу та однорідність і сполучність його інформації. Інформативність, (квазі)природно-натурально-антропогенна однорідність і оперативність геомоніторингу та достовірність його інформації. Режимно-моніторингова та інструментальна однорідність геомоніторингу та його сформованість.

Методика логіко-математичної модельної діагностики першопричин погіршення стану природничих геосистем (методика діагностики).

Алгоритмічна схема діагностики першопричин погіршення рівня стану природничих геосистем і головних складників цих першопричин за групами ознак стану геосистем (алгоритмічна схема діагностики). Модельні операції схеми діагностики. Особливості вихідного варіанта методики діагностики.

### **Семінарське заняття 3. Оптимізаційно-діагностичне моделювання – 2 год.**

#### **1. Оптимізація режимів управління геосистемами.**

2. Оптимізація геоecологічного моніторингу.
3. Діагностика першопричин погіршення стану геосистем.

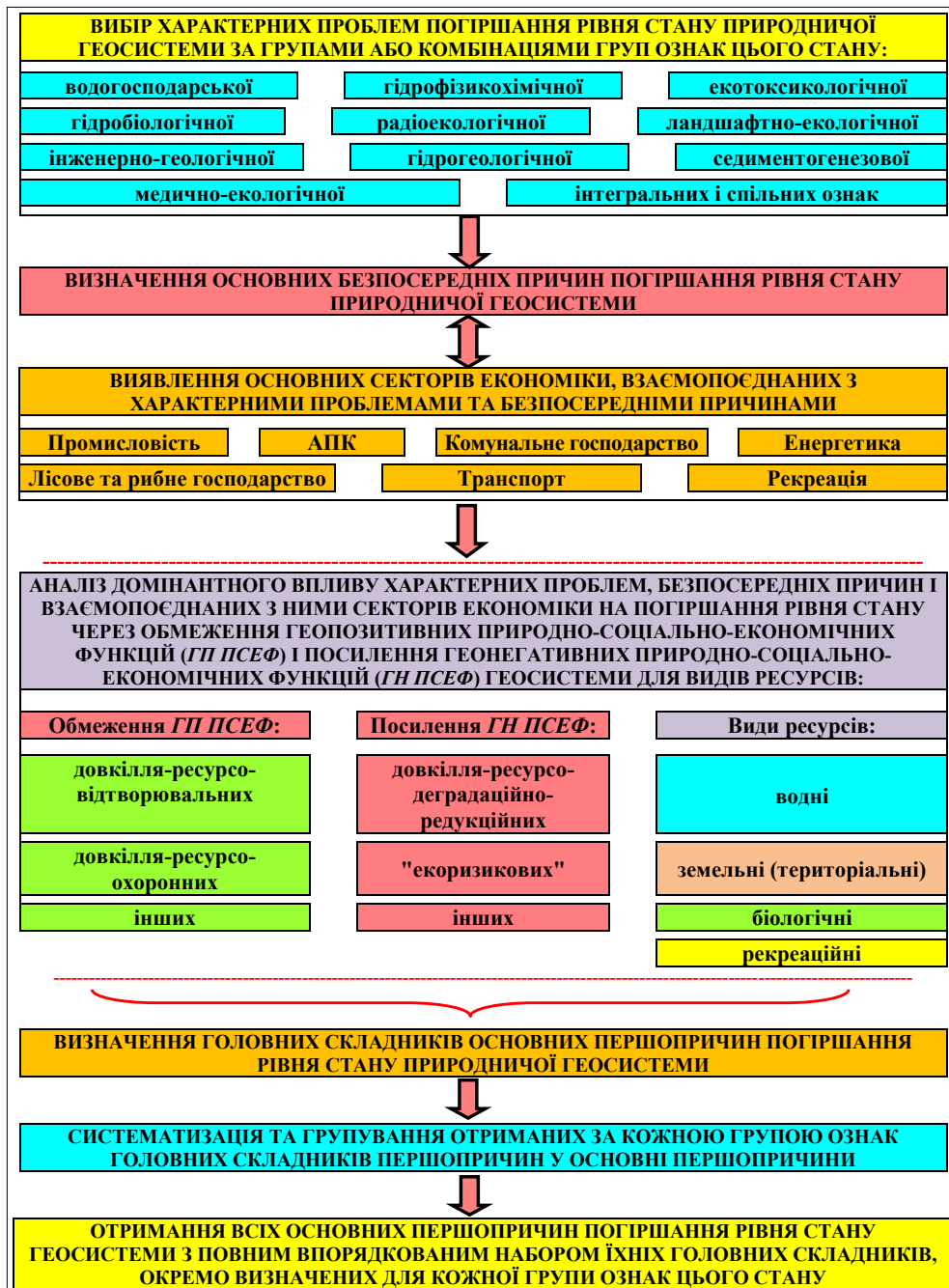


Рис.13 Алгоритмічна схема логіко-математичної модельної діагностики першопричин погіршення стану природничих геосистем

**Завдання для самостійної роботи (4 год.):**

критерії ефективності геоecологічного моніторингу ([1, 2, 5, 9-11])

**Контрольні запитання й завдання:**

1. На що спрямовано загальну алгоритмічну схему геоecологічно-економічної оптимізації довготермінових і оперативних режимів управління природничими геосистемами?
2. Як розуміється термін "управління геосистемами"?
3. Які групи критеріїв оптимізації розрізняють у її алгоритмічній схемі?
4. Що править за передумови оптимізації режимів управління природничими геосистемами і чому? Наведіть приклади.
5. Які часові виміри використовуються для оптимізації режимів управління геосистемами?
6. Дайте стислу характеристику змісту складників загальної алгоритмічної схеми оптимізації.
7. Якими можуть бути результувальні рішення схеми оптимізації?
8. Що таке витрати на запобігання збиткам для загального потенціалу природничих геосистем?
9. Поясніть головну тезу загальної алгоритмічної схеми оптимізації режимів управління геосистемами.
10. Якими є засновки методики стохастичного оцінювання достовірності та відновлення геоecологічної інформації та оптимізації геоecологічного моніторингу (методики СОД ГЕІ)?
11. Дайте стислу характеристику концептуальних засад і архітектури геоecологічного моніторингу з огляду на їхню спрямованість на модельну оптимізацію моніторингу.
12. Якими є головні складники абсолютної сумарної помилки спостережень і вимірювань геомоніторингу?
13. Яким може бути внесок "інструментальної" помилки в довірчу область дійсного середнього значення геоелемента?
14. Дайте характеристику вихідній моделі для оптимізаційних рішень геомоніторингу.
15. Яким чином реалізуються власне оптимізаційні задачі геомоніторингу?
16. Як виглядає запис розрахунково-оптимізаційних моделей геоecологічного моніторингу?
17. Чим відрізняються між собою методична та системна однорідність як критерії ефективності геоecологічного моніторингу?
18. На чому базується алгоритмічна схема логіко-математичної модельної діагностики першопричин погіршення рівня стану природничих геосистем?
19. Дайте стислу характеристику складу та змісту логічних операцій алгоритмічної схеми діагностики.
20. Яким чином виконується аналіз і моделювання домінантного впливу характерних проблем, безпосередніх причин і взаємопов'язаних з ними секторів економіки на погіршення рівня стану геосистем?

**Змістовий модуль 2**  
**ПРИКЛАДИ ТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**  
**ПРИРОДНИЧИХ ГЕОСИСТЕМ**

**Тема 5. ЛАНДШАФТНО-ГІДРОРАДІОЕКОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЬНЕ РАЙОНУВАННЯ (12 год.)**

**Лекція 9. Ландшафтно-гідрорадіоекологічне модельне районування (2 год.)**

Визначення та особливості ландшафтно-гідрорадіоекологічного модельного районування. Два складники моделювання. Складник, що базується на аналізуванні та оцінюванні стану геосистем басейнової ЛТС як складників досліджуваної макрогеосистеми та ймовірних наслідків місцевого водокористування. Складник, що ґрунтується на аналізуванні та оцінюванні стану геосистем генетико-морфологічної ЛТС і таксонів фізико-географічного районування та ймовірних наслідків як місцевого водокористування, так і місцевого загального ресурсокористування.

Перша алгоритмічна схема. Загальна алгоритмічна схема першого складника ландшафтно-гідрорадіоекологічного районування.

Етап модельної параметризації. Макрорівневе подавання динаміки макрогеосистеми досліджуваних територій. Подальша формалізація відповідних полів. Оперування заданими перетинами випадкових полів. Формалізація оцінювання ознак "стану за умовами" та ознак "стану за наслідками" водокористування.

Етап функціональної структуралізації. Початкова функціональна структура. Наявність двох часткових (допоміжних) алгоритмічних схем моделювання. Часткова алгоритмічна схема формування первинної змодельованої функціональної структури.

Класифікаційна схема гідрорадіоекологічно-ландшафтних таксонів районування. Тестовий річковий басейн. Район тестового річкового басейну (або гідрорадіоекологічно-ландшафтний район). Локальний максимум вельми погіршеного рівня стану (або гідрорадіоекологічно-ландшафтний локальний максимум). Часткова ж алгоритмічна схема створення інтегральної змодельованої функціональної структури.

Друга алгоритмічна схема. Загальна алгоритмічна схема другого складника ландшафтно-гідрорадіоекологічного районування.

Етап модельної параметризації. Алгоритмічна схема оцінки стану геосистем генетико-морфологічної ЛТС і таксонів фізико-географічного районування.

Макрорівневе подавання динаміки макрогеосистеми та подальша формалізація відповідних полів. Оперування заданими перетинами випадкових і детермінованих полів просторових величин. Ознаки "стану за умовами" та "стану за наслідками" водо- і ресурсокористування.

Формування первинної змодельованої функціональної структури. Моделювання інтегральної (вторинної) змодельованої функціональної структури.

Класифікаційна схема ландшафтно-гідрорадіоекологічних таксонів: зона – провінція – область – район, що може поділятися на басейнові ділянки, – локальний максимум поганого рівня стану. Підсумкові характеристики радіоекологічного стану таксонів. Тестові результати ж районування за ландшафтно-гідрологічними за умовами та радіоекологічними наслідками місцевого водо- і ресурсокористування.





Рис.14 Інтегральна змодельована функціональна структура (на прикладі Центральньо-Узької ландшафтно-гідрорадіоекологічної області погіршено-поганого (гранично погіршеного) рівня стану та її районів, локальних максимумів і їхніх систем)

#### Семінарське заняття 4. Загальна алгоритмічна схема другого складника ландшафтно-гідрорадіоекологічного районування – 2 год.

1. Етап модельної параметризації.
2. Макрорівневе подання динаміки макрогеосистеми.
3. Формування первинної змодельованої функціональної структури.
4. Моделювання інтегральної (вторинної) змодельованої функціональної структури.

#### Завдання для самостійної роботи (8 год.):

класифікаційна схема гідрорадіоекологічно-ландшафтних таксонів районування ([1, 2, 9-11])

#### Контрольні запитання й завдання:

1. Що таке ландшафтно-гідрорадіоекологічне районування?
2. Що таке індикаторні геосистеми? Поясніть на прикладі.
3. На які складники поділяється ландшафтно-гідрорадіоекологічне районування?
4. Побудуйте граф дій, які передбачає загальна алгоритмічна схема першого складника ландшафтно-гідрорадіоекологічного районування.
5. Що має забезпечити вирізнення тестових річкових басейнів?
6. Що таке індикаторні "водні" дози опромінення?
7. Яким чином вирізняють компактно-розрахункових ділянки дозоутворення "водними" шляхами?

8. Наведіть приклади числових або "чисельно-ознакових" значень як ознак стану.
9. Прокоментуйте структуру кінцевої категорійно-класифікаційної схеми класів рівнів і рівнів радіоекологічного стану субструктур районування басейнової ЛТС.
10. Що таке гідрорадіоекологічно-ландшафтні таксони?
11. Поясніть зміст "таксонних" індексів рівня радіоекологічного стану тестових річкових басейнів.
12. Наведіть дефініцію гідрорадіоекологічно-ландшафтного локального максимуму.
13. Прокоментуйте принципові компоненти загальної алгоритмічної схеми другого складника ландшафтно-гідрорадіоекологічного районування.
14. Що таке субполя аномалій НД<sub>70</sub>?
15. На тлі яких геосистем оцінюються ознаки "стану за умовами" водо- і ресурсокористування?
16. Чому коригуються субполя, адекватні першорівневному варіанту первинної змодельованої функціональної структури за рівнем оцінювання ризику, спільного внаслідок водо- і ресурсокористування?
17. Чим відрізняється ландшафтно-гідрорадіоекологічний район від ландшафтно-гідрорадіоекологічної області?
18. Як називається макросубструктура в макрогеосистемі досліджуваних територій, яка об'єднує ландшафтно-гідрорадіоекологічні області за зонально-крайово-обласним фізико-географічним принципом?
19. Прокоментуйте структуру моделі "таксонних" індексів рівня радіоекологічного стану ландшафтно-гідрорадіоекологічних таксонів.
20. Що таке індекси ризику (стану) "районо-ландшафтні"?
21. Що править за підсумкові характеристики радіоекологічного стану ландшафтно-гідрорадіоекологічних таксонів?
22. Яким чином можна визначати територіальний розподіл заходів з посилення геоекологічної безпеки водо- і ресурсокористування?
23. У чому полягає можливість модифікації підсумкових результатів геоекологічного, зокрема ландшафтно-гідрорадіоекологічного районування?
24. Що таке компонентні індекси рівня гідроекологічного стану ландшафтно-гідрорадіоекологічних районів?
25. Яким чином розраховуються спільні рейтинги рівня радіогідроекологічного стану тестових ландшафтно-гідрорадіоекологічних районів?

## **Тема 6. МОДЕЛЮВАННЯ БАСЕЙНОВИХ ГЕОСИСТЕМ (14 год.)**

### **Лекція 10. Моделювання басейнових геосистем (2 год.)**

Засновки моделювання.

Моделювання середніх і великих басейнових геосистем. (Квазі)природна підсистема заданої середньої або великої басейнової геосистеми. Натурально-антропогенна та антропогенна підсистеми басейнової геосистеми.

Моделювання складників стійкості басейнової геосистеми як природничої. Фазово-антропоізаційна стійкість басейнової геосистеми. Фазово-етологічна стійкість (ФЕС) басейнової геосистеми. Вододільно-водозбірна ФЕС басейнової геосистеми.

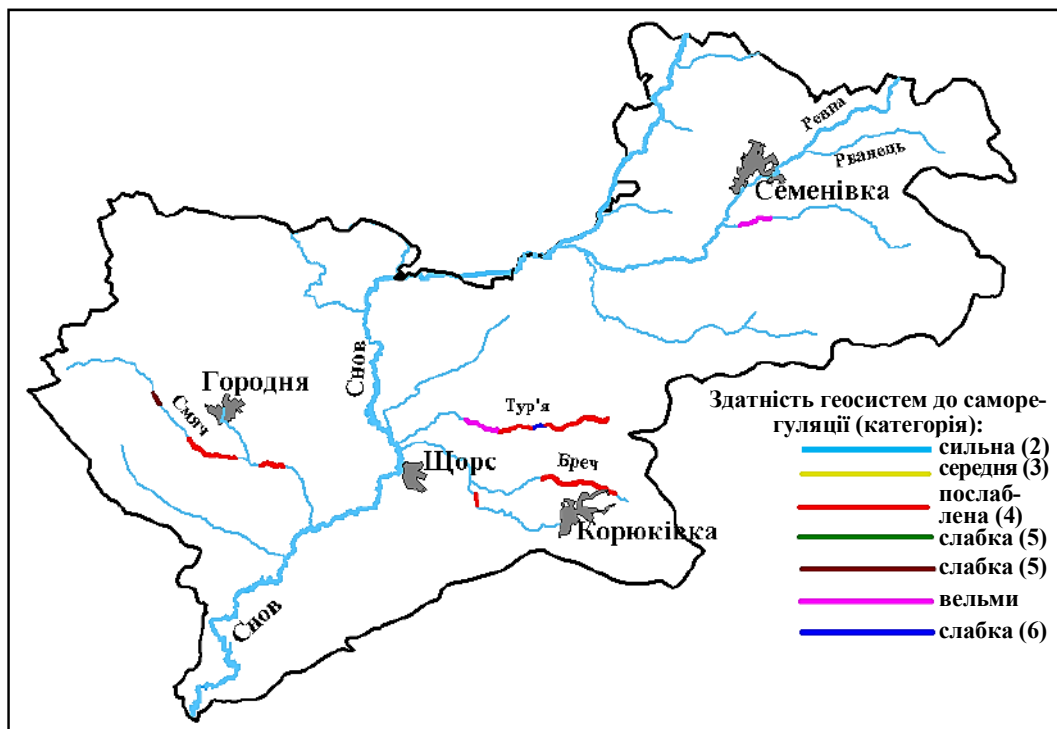


Рис.15 Фазово-антропоізаційна стійкість (здатність до саморегуляції) аква-теральних геосистем водотоків (на прикладі ділянок гідромережі Сновської підсистеми басейну Десни)

Види першого підтипу параметричної стійкості – параметрично-процесної стійкості басейнової геосистеми – флювіо-ерозійна, радіогеоекологічна, ацидифікаційна, ґрунтово-самоочищувальна і інші змістово зумовлені види цієї стійкості.

Параметрично-відновлювальна стійкість басейнової геосистеми.

Перший вид параметрично-інтегральної стійкості басейнової геосистеми – водно-стокова. Загально-самоочищувальна водно-стокова параметрично-інтегральна стійкість. Водно-якісна параметрично-інтегральна стійкість басейнової геосистеми.

Моделювання малих урболандшафтних басейнових геосистем (МУБГ). (Квазі)природна підсистема МУБГ. Натурально-антропогенна та антропогенна підсистеми МУБГ.

Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану суходільних складників МУБГ за ознаками їхньої фазово-антропоізаційної стійкості (здатності до саморегуляції). Загальнофункціональна фазово-етологічна стійкість МУБГ. Гідромережна стійкість МУБГ. Параметрично-відновлювальна стійкість МУБГ. Загально-самоочищувальна стійкість МУБГ. Водно-якісна параметрично-інтегральна стійкість МУБГ.

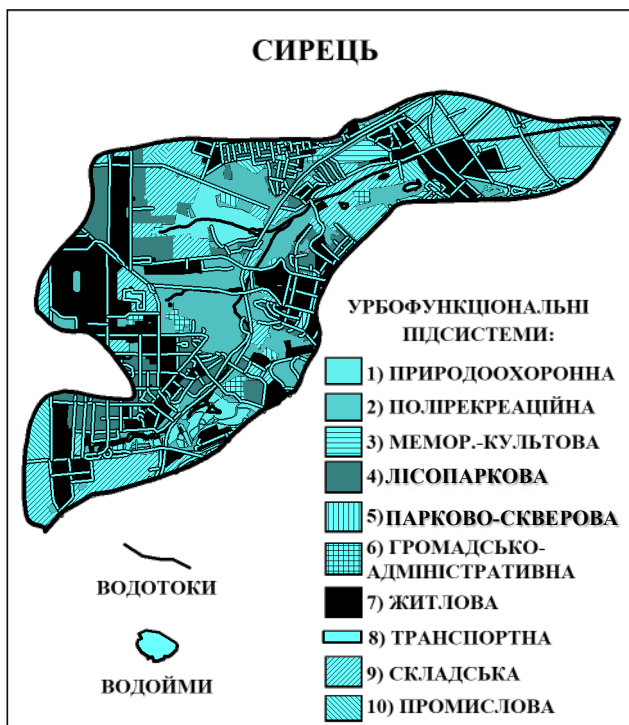


Рис.16 Геосистеми урбофункціональних підсистем (на прикладі МУБГ Сирець)

### Семінарське заняття 5. Моделювання басейнових геосистем – 2 год.

1. Засновки моделювання.
2. Моделювання середніх і великих басейнових геосистем.
3. Моделювання малих урболандшафтних басейнових геосистем (МУБГ).
4. Приклади результатів моделювання.

### Завдання для самостійної роботи (10 год.):

водно-якісна параметрично-інтегральна стійкість басейнової геосистеми ([1, 2, 4, 14])

### Контрольні запитання й завдання:

1. Що таке басейнова геосистема?
2. Які розрізняють різновиди басейнових геосистем?
3. Назвіть другопорядкові підсистеми (квазі)природної підсистеми середньої або великої басейнової геосистеми.
4. Що належить до басейнових територіальних підсистем?
5. Назвіть склад басейнових морфологічно-позиційних підсистем.
6. Як іще зветься басейнові ландшафтні підсистеми і чому? Наведіть приклади.
7. Поясніть сутність гідрмережної фазово-етологічної стійкості басейнової геосистеми.

8. Чому не вирізняються класи рівня стану за ознаками гідромережної фазово-етологічної стійкості басейнової геосистеми?
9. Якими є підвиди вододільно-водозбірної фазово-етологічної стійкості басейнової геосистеми?
10. Що враховують під час моделювання водозбірної фазово-етологічної стійкості басейнової геосистеми?
11. Поясніть, чи можливим наразі є моделювання у цілому водно-стокової параметрично-інтегральної стійкості басейнової геосистеми?
12. Що таке загально-самоочищувальна ВСПІС(БГ)?
13. Прокоментуйте особливості структури категорійно-класифікаційної схеми щодо водно-якісної ПІС басейнової геосистеми.
14. Що входить до набору індексів рівня стану басейнової геосистеми за ознаками її ВЯПІС?
15. Які Ви знаєте варіанти власне модельної оцінки рівня стану басейнової геосистеми за ознаками її ВЯПІС?
16. Наведіть приклади реалізації моделі блокової оцінки рівня стану басейнової геосистеми за ознаками її ВЯПІС.
17. Чим оперує інтегральна оцінка рівня стану "компактних" підсистем басейнової геосистеми?
18. Що таке мала урболандшафтна басейнова геосистема?
19. У чому полягає специфіка формалізації натурально-антропогенної та антропогенної підсистем МУБГ?
20. Наведіть приклади натурально-антропогенних геосистем урбофункціональних підсистем МУБГ.
21. Що таке ландшафтно-архітектурні підсистеми МУБГ?
22. Чим вирізняються урбоінтегративні підсистеми МУБГ?
23. У чому полягає "оригінальність" шкали міри антропізації суходільних натурально-антропогенних і антропогенних геосистем урбофункціональних підсистем МУБГ?
24. Проілюструйте на прикладах зміст визначення загальнофункціональної фазово-етологічної стійкості МУБГ.
25. Виконайте порівняльний аналіз рівня стану тестових МУБГ річок Києва за ознаками їхньої фазово-антропізаційної стійкості.
26. Прокоментуйте залежність між частковим індексом умовної надійності за фазово-антропізаційною стійкістю і таким же індексом надійності за водно-якісною інтегральною стійкістю для тестових МУБГ.

## **Тема 7. МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОМЕРЕЖ (8 год.)**

### **Лекція 11. Моделювання екомереж (2 год.)**

Екомережна природнича геосистема. Біоландшафтна територіальна структура. Екомережа регіонального територіального рівня (регіональна екомережа або просто екомережа).

Концептуальні підвалини моделювання екомереж. Регіон моделювання екомережі (РМЕ). (Квазі)природна структура РМЕ. Натурально-антропогенна та антропогенна структури (підсистеми) регіону моделювання екомережі. Екомережні субструктури.

Поняття про регіональну екомережу, що моделюється (МЕМ). Регіональні екомережні ядра й коридори та їхні буферні зони. Типологічна класифікація регіональних екоядер. Типологічна класифікація регіональних екомережних коридорів. Типологічна класифікація буферних зон елементів екомережі.

Критеріальний аспект моделювання екомереж. Критерії ідентифікації й рівня природно-каркасної значущості можливих елементів екомереж. Критерії рівня стану об'єктів моделювання екомереж.

Алгоритм і приклади моделювання екомереж. Послідовне поетапне створення, узгодження й трансформація визначених модельних структур регіону моделювання екомережі. Характерні приклади реалізації алгоритму моделювання екомереж.

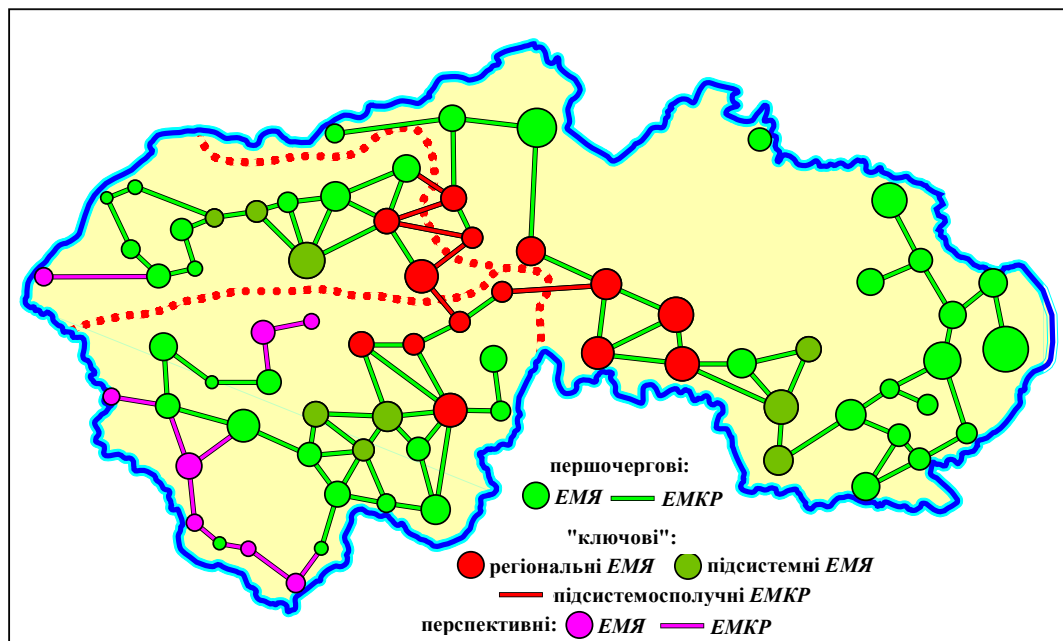


Рис.17 Приклад графа на цифровій карті екомережі, побудованого на основі модельної структури МС-8 у басейні Росі (ЕМЯ – екоядра, ЕМКР – екокоридори)

### Семінарське заняття 6. Моделювання екомереж – 2 год.

1. Екомережна природнича геосистема.
2. Концептуальні підвалини моделювання екомереж.
3. Критеріальний аспект моделювання екомереж.
4. Алгоритм і приклади моделювання екомереж.

### Завдання для самостійної роботи (4 год.):

характерні приклади реалізації алгоритму моделювання екомереж ([1, 6, 19])

**Контрольні запитання й завдання:**

1. У чому полягає сенс запровадження поняття біоландшафтного різноманіття?
2. Що таке біоландшафтна територіальна структура?
3. Наведіть загальне визначення регіональної екомережі.
4. Яким чином задається регіон моделювання екомережі?
5. Що таке інтегрована мережна біоландшафтна субструктура?
6. Покажіть на прикладах, як формуються площинні та мережні просторові субструктури.
7. Яким є склад геоботанічних і зоогеографічних субструктур регіону моделювання екомережі?
8. Навіщо вирізняють регіональну (квазі)природну біоландшафтну територіальну структуру?
9. Що править за реконструйований каркас біоландшафтного різноманіття обраного для моделювання екомережі регіону?
10. Проілюструйте на прикладах можливий склад біотично-охоронних субструктур.
11. Якими є складники екомережних субструктур?
12. Що править за елементи регіональної екомережі?
13. Наведіть визначення регіонального екомережного ядра.
14. Прокоментуйте типологічну класифікацію регіональних екоядер.
15. Чим відрізняється категорія екоядра від його розряду?
16. Що править за основні атрибути екокоридору?
17. Які таксони містить типологічна класифікація регіональних екомережних коридорів?
18. Якою є відмінність між розрядом і видом екокоридору?
19. Що таке буферна зона елемента регіональної екомережі та якими є основні атрибути цієї зони?
20. Які елементи екомережі підлягають поділу на першочергові та перспективні?
21. Які Ви знаєте критерії ідентифікації й рівня природно-каркасної значущості можливих елементів екомережі?
22. Поясніть зміст застосування критеріїв ландшафтної унікальності геосистем генетико-морфологічної ЛТС.
23. За якими критеріями оцінюються регіональна типовість геосистем генетико-морфологічної ЛТС?
24. Що таке гідроінвайронментні критерії?
25. Яким чином будуються правильні шестикутні ковзні неперетнуті вікна ("стільники") під час аналізу біоландшафтного різноманіття?
26. Напишіть модель коефіцієнтів хоричної варіації геосистем генетико-морфологічної ЛТС і поясніть зміст її складників.
27. Що таке коефіцієнт типової варіації геосистем генетико-морфологічної ЛТС і які його різновиди Ви знаєте?
28. Навіщо запроваджено розрахунок регіональних модульних коефіцієнтів хорично-типової мінливості геосистем?

29. Що входить до вибіркового набору показників біорізноманіття і чим це зумовлено?
30. Якими є найбільш репрезентативно-інформативні варіаційні показники, які слід критеріально застосовувати для ідентифікації можливих елементів екомережі?
31. Що характеризує індекс композиційної репрезентативності території моделювання екомережі?
32. Прокоментуйте структуру класифікаційної схеми критеріїв рівня стану об'єктів моделювання екомережі.
33. Дайте визначення екомережної фазово-етологічної стійкості.
34. Що таке "екокоридорний" індекс сформованості екомережі і чим він відрізняється від такого ж, але "циклового" індексу?
35. Які Ви знаєте категорії сформованості (зв'язності) територіальної структури екомережі?
36. Якими метричними показниками користуються для моделювання екомережної структурно-функціональної параметрично-інтегральної стійкості?
37. Для чого визначають регіональний середній індекс складності форми екоядер?
38. З яких позицій слушно розглядати ефективність функціонування регіональної екомережі?
39. Що таке індекс ефективності сформованості (зв'язності) актуальної екомережі або її підсистем?
40. Якими є особливості визначення індексу просторової ефективності актуальної екомережі?
41. Що править за оцінку умовної надійності актуальної екомережі?
42. Поясніть зміст структури МС-3 в алгоритмі моделювання регіональної екомережі.
43. Для чого відтворюють структуру МС-6 під час моделювання екомережі?
44. На чому базується модель усередненої ширини буферних зон екоядер і екокоридорів?
45. Чим відрізняється другий варіант оптимально сформованого каркаса біоландшафтного різноманіття регіону від першого такого варіанта?
46. Наведіть приклади підсистемосполучних і ймовірних регіоносполучних екокоридорів.

## **Тема 8. МОДЕЛЮВАННЯ БЕРЕГОВИХ ГЕОТОНІВ (6 год.)**

### **Лекція 12. Моделювання берегових геотонів (2 год.)**

Геотонне структурування. Загальні риси своєрідності макрогеотону "берегова зона" (берегового макрогеотону). Особливості модельної ідентифікації геосистем макрогеотону. Типологічна класифікація каркасних меж берегової зони.

Зміст і критерії геотонного структурування берегового макрогеотону. Узбережжя (узбережна підзона), прибережна підзона, хвиле-прибійна підзона, заузбережна або



мета-теральна та інфра-аква-теральна підзони. Три мезополя загального структуроутворення берегового макрогеотону.



**Фото 2** Узбережна, прибережна та хвилеприбійна підзони берегової зони (на прикладі Київського водосховища)

Моделювання акваторійної межі хвилеприбійного мезогеотону. Моделювання геоелементів стану та суходільних меж хвилеприбійного і прибережного мезогеотонів.

**Завдання для самостійної роботи (4 год.):**

Моделювання акваторійної межі хвилеприбійного мезогеотону ([1, 15])

**Контрольні запитання й завдання:**

1. На чому базується геотонне структурування берегової зони?
2. Що таке береговий макрогеотон?
3. Прокоментуйте загальні риси своєрідності макрогеотону "берегова зона".
4. У чому полягають особливості модельної ідентифікації геосистем берегового макрогеотону?
5. Чим відрізняється тип берегових каркасних меж від їхнього підтипу?
6. Якими є критерії вирізнення розряду берегових каркасних меж? Поясніть на прикладах.
7. Які мезогеотони вирізняються в береговому макрогеотоні?
8. Як визначається внутрішня (акваторійна) межа хвилеприбійної підзони?
9. Що таке мілководний мезогеотон? Прокоментуйте його характерні риси.

10. Навіщо вирізняють три мезополі загального структуроутворення берегового макрогеотону?
11. Чи є чітко вираженою зовнішня межа узбережної підзони як мезогеотону?
12. Що маркує бровка берегового уступу?
13. З чим можна ототожнити акваторійну межу хвилеприбійного мезогеотону?
14. Виконайте типізацію першообрушувальної укісної межі як берегової каркасної.
15. Прокоментуйте структуру схеми-моделі першообрушувальної укісної межі відмілого берега.
16. Якими є особливості генералізованого (першорівневого) варіанта схеми-моделі першообрушувальної укісної межі?
17. Чим вирізняються два додаткові рівні (варіанти) схеми-моделі першообрушувальної межі?
18. Що править за елементи стану хвилеприбійного та прибережного мезогеотонів?
19. Яким є зміст лінійного руйнування берега як параметра?
20. Прокоментуйте схему геоелементів стану забережного укосу.
21. Як виглядає розрахунково-прогностичний середній профіль формування геоелементів стану забережного укосу та власне берега?
22. Скільки Ви знаєте підрівнів геостохастичних моделей геоелементів стану берегової зони?
23. Що таке гідроморфостохастичні моделі забережного укосу?
24. Поясніть структуру моделі середнього коефіцієнта підводного укосу.
25. Що таке гідроморфометричний критерій?
26. Дайте визначення морфостохастичним критеріям однорідності ділянки забережного укосу.
27. Прокоментуйте структуру моделі гідродинамічних критеріїв однорідності ділянки хвилеприбійного мезогеотону.
28. У чому полягає субзадача стохастичного прогнозу (оптимальної екстраполяції) висотних відміток усередненого за ділянкою розрахункового профілю рівноваги укосу?
29. Що входить до комплексу прогностувальних моделей формування забережного укосу та власне берега?
30. Поясніть зміст формування тераси як берегової ландшафтної смуги.

#### 4. СЛОВНИК ОСНОВНИХ ТЕРМІНІВ

**Басейнова геосистема** – територіальна одиниця (елемент) басейнної ландшафтної територіальної структури, ядром якого є головний водотік із певною площею водозбору. З огляду на останню розрізняють *середню або велику басейнову геосистему* та *малу басейнову геосистему*.

**Береговий макрогеотон (макрогеотон "берегова зона")** – специфічна природнича геосистема як певний тип ландшафтної макромежі у вигляді буферної геосистеми, яка є перехідною смугою між двома контрастними геосистемами – мезогеосистемою ложа і водних мас водосховища та "ініціальною", що залишилась суходільною після створення водосховища, мезогеосистемою річкової долини. Поділяється на мезогеотони – узбережну, прибережну, хвилеприбійну, заузбережну (мета-теральну) та інфра-аква-теральну підзони.

**Біоландшафтна територіальна структура (БЛТС)** – мережна структура, складниками якої є (квазі)геосистеми БЛТС, за які правлять специфічно поєднані між собою фрагменти синергічно інтегрованих генетико-морфологічної, басейнної та біоцентрично-сітьової ландшафтних територіальних структур. Це фрагменти, які в тому чи іншому вигляді збереглися в природно-натуральному стані в умовах антропогенного тиску й впливу структуро-деструкційних природних чинників або є референційними (реконструйованими) чи відновленими до референційних (див. (квазі)природна підсистема природничої геосистеми).

**Біоландшафтне різноманіття** – інтегральне поняття, що застосовується з огляду на необхідність одночасного системного збереження та/або відновлення і біорізноманіття, і ландшафтного різноманіття, зважаючи й на стохастичні зв'язки між едафічною типологією природничих геосистем та генофондною типологією екосистем як біоцентричних модулів цих геосистем.

**Геоекологічне модельне районування територій** – засноване на використанні геоінформаційних технологій модельне вирішення, визначення складників і тестування рівня стану таксонів районування певного рангу у відповідних компонентах (квазі)природних підсистем природничих геосистем. Поділяється на етапи – ініціального структурування, модельної параметризації та оцінювально-функціонального структурування обраних для районування територій.

**Геоекологічний моніторинг (геомоніторинг)** – багатоцільова модельна геоінформаційна система з відповідною фізичною мережею для відстеження, оцінювання та прогнозування стану природничих геосистем зі створенням і веденням просторових баз даних фактографічної геоекологічної інформації з метою ідентифікації джерел геонегативного впливу на геосистеми та підтримки прийняття природоохоронних рішень.

**Геостохастичні моделі** – моделі розрахунку та прогнозу стану природничої геосистеми, які відтворюють просторово-часові значення елементів геопоказників геосистеми визначеної, зокрема спрогнозованої, ймовірності перевищення за потрібними умовами та рівнями і використовуються на часовому, просторовому, просторово-часовому та інших підрівнях.

**ГІС (географічна інформаційна система, геоінформаційна система)** – інформаційна система, що забезпечує управління (збір, збереження, обробку, доступ до, відображення, розповсюдження), аналіз і моделювання просторових (географічних) даних.

**ГІС-інструментарій** – 1) програмне забезпечення географічних інформаційних систем (ГІС), яке підтримує створення ГІС і/або той чи інший набір функціональних можливостей ГІС, що вже створена та експлуатується як інформаційна система; 2)

програмне забезпечення автономного комп'ютеризованого моделювання *просторових даних*.

**Динаміка природничої геосистеми** – параметричні збурення геосистеми, спричинені природними чинниками та антропогенним навантаженням. Подається як сукупність обраних детермінованих і випадкових функцій у вигляді відповідних детермінованих чи випадкових процесів і полів для різних рівнів *модельно-параметричної формалізації природничої геосистеми*.

**Екологічна мережа (екомережа, екомережна природнича геосистема)** – змодельована мережна сукупність (квазі)геосистем *БІЛТС*, початково ідентифікованих і остаточно обраних за заданим набором критеріїв *біоландшафтного різноманіття й стану* цих квазігеосистем з метою їхнього поточного або перспективного збереження, охорони та реабілітації, в ідеалі – для максимально можливого відновлення й підтримання у стійкому стані бажаного за структурою природно-натурального каркаса території заданого регіону моделювання екомережі. За елементи екомережі правлять екомережні ядра (екоядра), екомережні коридори (екокоридори) та буферні зони екоядер і екокоридорів.

**(Квазі)природна підсистема природничої геосистеми** – сукупність геосистем, які визначено мірою віддзеркалюють референційний (реконструйований) для моделювання природний стан *природничої геосистеми*, зосібна й гіпотетично-інваріантний.

**Ландшафтно-гідрорадіоекологічне районування** – різновид *геоекологічного модельного районування території*, який адекватний їхньому районуванню за ландшафтно-гідрологічними умовами та ймовірними радіоекологічними наслідками основних видів місцевого водокористування та розрахункових видів місцевого загального ресурсокористування.

**Мала басейнова геосистема** – *басейнова геосистема* з площею водозбору менше 2 тис.км<sup>2</sup>, яка може поділятися на різновиди.

**Мала урболандшафтна басейнова геосистема** – різновид *малої басейнової геосистеми*, позиційно та структурно-функціонально приурочений до найбільшого за порядком урбанізованого ландшафту.

**Модельно-параметрична формалізація природничої геосистеми** – задавання геосистеми на різних рівнях за допомогою наборів: груп ознак, показників і параметрів стану геосистеми за основними процесами та умовами у ній, які визначають стан геосистеми (макрорівень); систем компонентів за групами показників і параметрів (мезорівень); систем елементів (*n*-го порядку) за зазначеними компонентами (мікрорівень).

**Надійність природничої геосистеми** – числова ймовірнісна міра здатності геосистеми виконувати чи посилювати вимогові геопозитивні або обмежувати чи ліквідувати геонегативні *природно-соціально-економічні функції* в заданому просторово-часовому вимірі з імперативним дотриманням умов *стійкості природничої геосистеми*.

**Натурально-антропогенна та антропогенна підсистеми природничої геосистеми** – сукупності певною мірою антропізованих геосистем – від "суто" натуральних до "суто" штучних (див. *рівень натуральності*).

**Об'єкт дослідження (моделювання)** – *природнича геосистема*, природничо-географічний процес чи явище або комбінація цієї геосистеми та процесів/явищ, які визначають її динаміку та стійкість.

**Оптимальна ймовірність перевищення ресурсовидатності природничої геосистеми** – ймовірність перевищення оптимального для використання об'єму ресурсного потенціалу за умов заданої чи вимогової надійності природничої геосистеми.

**Параметрична стійкість природничої геосистеми** – тип стійкості природничої геосистеми, який відображає міру поліваріантної відповідності обраних визначальних параметрів стану геосистеми заданим параметрам, еталонним за властивостями, структурою та типовими особливостями (квазі)природної підсистеми геосистеми. Містить підтипи – параметрично-процесну, параметрично-відновлювальну та параметрично-інтегральну стійкість.

**Параметрично-відновлювальна стійкість природничої геосистеми** – підтип параметричної стійкості природничої геосистеми, який відображає міру здатності геосистеми до відновлення власних властивостей і особливостей за рахунок складників її натурально-антропогенної підсистеми як домінуючих чинників цього відновлення.

**Параметрично-інтегральна стійкість природничої геосистеми** – підтип параметричної стійкості природничої геосистеми, який віддзеркалює міру відповідності комплексних параметрів геосистеми еталонним як інтегральне відображення рівня її стану в цілому. Поділяється на види відповідно до певних типів геосистем, зокрема на водно-стокову й водно-якісну стійкості басейнової геосистеми, екомережну структурно-функціональну стійкість тощо.

**Параметрично-процесна стійкість природничої геосистеми** – підтип параметричної стійкості природничої геосистеми, який характеризує міру відповідності еталонним для геопараметрів, які відображають основні структуротвірні та інші процеси і/або наслідки їхньої комбінації в природничій геосистемі. Поділяється на види – флювіо-ерозійну, радіогеоекологічну, ацидифікаційну, ґрунтово-самоочишувальну та інші змістово зумовлені види параметрично-процесної стійкості.

**Природнича геосистема (природнича географічна система)** – складна вкеровна природно-натурально-антропогенна система з експлуатацією її ресурсів. Містить чотири генезисно-еволюційні структурно-функціональні підсистеми: (квазі)природну, натурально-антропогенну та антропогенну і каркасних меж.

**Природничо-географічна модель** – явище, предмет, знакове утворення або умовний образ (опис, схема тощо), які знаходяться у певній відповідності із об'єктом дослідження (моделювання) та здатні замінити його в процесі дослідження шляхом подавання інформації про цей об'єкт.

**Природничо-географічне моделювання** – дослідження структури, динаміки та стану природничих геосистем, зв'язків і процесів всередині них, між ними та із зовнішнім середовищем за допомогою створення й застосування природничо-географічних моделей.

**Природно-соціально-економічні функції (ПСЕФ) геосистеми** – характеристики виконання природничою геосистемою цільових запитів і вимог ресурсокористувачів, зважаючи на природоохоронні критерії. Розподіляються на два головних типи – геопозитивні ПСЕФ (довкілля-ресурсо-відтворювальні, довкілля-ресурсо-охоронні тощо) й геонегативні ПСЕФ (довкілля-ресурсо-деградаційно-редукційні, "екоризикові" тощо).

**Просторові дані (син. географічні дані, геодані)** – дані щодо просторових об'єктів, які є поєднанням двох складників таких даних – позиційного та атрибутивного (непозиційного), обидва з яких мають і часовий вимір.

**Просторові об'єкти** – просторові компоненти реального світу, які подаються в цифровій формі для відтворення географічних об'єктів, процесів і явищ та поділяються на п'ять основних типів: точкові об'єкти (точки); лінійні об'єкти (лінії); площинні об'єкти (області, полігони) та об'ємні об'єкти (поверхні), а також просторові об'єкти високого рівня.

**Рівень натуральності геосистем** – міра успадкованої, набутої чи успадковано-набутої здатності реальних геосистем до нештучної самоорганізації та саморегуляції шляхом самовкервного упорядкування речовинно-енергетичних потоків в єдиній системі. За таких умов провідні чинники та параметри натуральних або близьких до них геосистем можуть бути як схожими, так і геть відмінними від "попередніх до антропоїзації", втім в усіх випадках повинні визначатися певними нештучними процесами довкілля.

**Рівень стану природничої геосистеми** – сукупність її властивостей, яка оцінюється за ознаками *стійкості* та *надійності природничої геосистеми*.

**Середня або велика басейнова геосистема** – басейнова геосистема з площею водозбору, відповідно, 2-50 тис.км<sup>2</sup> або більше 50 тис.км<sup>2</sup>, яка містить суббасейнові геосистеми більш низького рангу.

**Систематизація природничо-географічних моделей** – систематизація таких моделей за: *об'єктом моделювання*; *призначенням*; *логікою застосування моделей*; *способом побудови моделей і способом передавання відношень подібності*; певними можливими комбінаціями щойно перелічених критеріїв.

**Стан природничої геосистеми** – сукупність змінних в процесі еволюції та антропогенного впливу властивостей геосистеми та/або її підсистем заданого рівня, які тестують у або за визначений момент часу за прийнятими критеріями (див. *рівень стану природничої геосистеми*).

**Стійкість природничої геосистеми** – здатність складників її (*квазі*)природної підсистеми зберігати в умовах антропогенних і природних впливів на них, насамперед геоecологічно негативних, власні властивості, структуру та класифікаційні особливості головним чином за рахунок саморегуляції, враховуючи підсилення такої регуляції вже реалізованими природоохоронними заходами. Поділяється на типи – *фазову* та *параметричну стійкість*.

**Стохастична структура природничої геосистеми** – структура геосистеми, за характеристики якої правлять: спільні або індивідуальні функції розподілу (ймовірностей перевищення) систем або підсистем випадкових функцій геопараметрів чи складників цих систем, які звуться геостохастичними функціями або геофункціями; автокореляційні суто часові та просторово-часові функції; вибіркові функції випадкових функцій геопараметрів різних модифікацій.

**Схема діагностики першопричин погіршення стану природничих геосистем** – алгоритмічна схема логіко-математичної модельної діагностики першопричин погіршення *рівня стану природничих геосистем* і головних складників цих першопричин за групами ознак *стану геосистем*. Зазначене погіршення кваліфікується як відхилення реального *рівня стану геосистем* від практично позачасового бажаного або оптимального такого рівня, який забезпечує геоecологічну реабілітацію, геоecологічно-економічну рівновагу та усталений розвиток геосистем.

**Схема оптимізації режимів управління природничими геосистемами** – загальна алгоритмічна схема такої оптимізації, заснована на головній тезі "ефективність

геоекологічно-економічно збалансованого управління субструктурами природничих геосистем за доцільними природно-соціально-економічними функціями для видів ресурсів на базі сучасних моніторингових систем і втілення обґрунтованих геоекологічно-стабілізаційних заходів".

**Тарифікація природних ресурсів геосистеми** – визначення кількості та якості видів ресурсів геосистеми для їхнього платного використання та відтворення.

**Фазова стійкість природничої геосистеми** – тип стійкості природничої геосистеми, який відображає міру її саморегуляційної здатності, яку поєднано з фазою (етапом) еволюції та/або sukcesії геосистеми в умовах антропогенного впливу. Поділяється на підтипи – фазово-антропізаційну і фазово-етологічну стійкість.

**Фазово-антропізаційна стійкість природничої геосистеми** – підтип фазової стійкості, який кількісно знаходиться в оберненому зв'язку із ступенем антропізації (квазі)природної підсистеми природничої геосистеми та віддзеркалює міру її "залишкової", на час моделювання, здатності до саморегуляції.

**Фазово-етологічна стійкість природничої геосистеми** – підтип фазової стійкості, який відображає міру сформованості структури природничої геосистеми та/або збереження її основних структуротвірних відношень. Види і підвиди визначаються типами геосистем і, зокрема, містять гідромережну та вододільно-водозбірну стійкості басейнових геосистем, екомережну фазово-етологічну стійкість тощо.

Примітка. Терміни, вирізані курсивом у визначеннях основних термінів, мають окрему власну дефініцію.

## РЕКОМЕНДОВАНІ ПЕРШОДЖЕРЕЛА

### Основні:

1.Самойленко В.М., Діброва І.О. Природничо-географічне моделювання: підручник. К.: Ніка-Центр, 2019. 320 с.

[https://www.researchgate.net/publication/358725842\\_Samojlenko\\_VM\\_Dibrova\\_IO\\_Prirodnicno-geograficne\\_modeluvanna\\_pidrucnik\\_Kiiv\\_Nika-Centr\\_2019\\_-\\_320\\_s](https://www.researchgate.net/publication/358725842_Samojlenko_VM_Dibrova_IO_Prirodnicno-geograficne_modeluvanna_pidrucnik_Kiiv_Nika-Centr_2019_-_320_s)

2.Самойленко В.М. Математичне моделювання в геоекології: навчальний посібник (електронна версія). К.: ВПЦ "Київський університет", 2003. 233 с.

[https://www.researchgate.net/publication/358736128\\_Samojlenko\\_VM\\_Matematичne\\_modeluvanna\\_v\\_geoeologii\\_Navcalnij\\_posibnik\\_elektronna\\_versia\\_-\\_K\\_VPC\\_Kiivskij\\_universitet\\_2003\\_-\\_233\\_s](https://www.researchgate.net/publication/358736128_Samojlenko_VM_Matematичne_modeluvanna_v_geoeologii_Navcalnij_posibnik_elektronna_versia_-_K_VPC_Kiivskij_universitet_2003_-_233_s)

3.Самойленко В.М. Навчально-методичний комплекс з математично-модельного та геоінформаційного забезпечення підготовки географів. К.: Ніка-Центр, 2003. 84 с.

4.Самойленко В.М., Іванок Д.В. Моделювання басейнових геосистем: монографія. К.: ДП "Прінт Сервіс", 2015. 208 с.

[https://www.researchgate.net/publication/358725597\\_Samojlenko\\_VM\\_Ivanok\\_DV\\_Mod\\_eluvanna\\_basejnovih\\_geosistem\\_Monografija\\_K\\_DP\\_Print\\_Servis\\_2015\\_208\\_s](https://www.researchgate.net/publication/358725597_Samojlenko_VM_Ivanok_DV_Mod_eluvanna_basejnovih_geosistem_Monografija_K_DP_Print_Servis_2015_208_s)

5.Самойленко В.М., Тонусов О.М. Статистичні та стохастичні математичні методи в географії: електронний підручник. К.: Ніка-Центр, 2011. CD, ISBN 978-966-521-580-6.

6. Самойленко В.М., Корогода Н.П. Регіональні та локальні екомережі: підручник. К.: "Логос", 2013. 192 с.

[https://geo.knu.ua/wp-content/uploads/2021/06/samojlenko\\_eomerezhi.pdf](https://geo.knu.ua/wp-content/uploads/2021/06/samojlenko_eomerezhi.pdf)



**Додаткові:**

7.Самойленко В.М. Програма семінарсько-практичних занять з дисципліни "Математичне моделювання в геоекології". К.: Ніка-Центр, 2003. 16 с.

8.Гродзинський М.Д. Стійкість геосистем до антропогенних навантажень. К.: Лікей, 1995. 233 с.

9.Самойленко В.М. Кадастр радіоактивного забруднення водних об'єктів України місцевого водокористування. Том 1. Радіогідроекологічний стан і використання водойм та загальнометодологічні проблеми. – К.: Ніка-Центр, 1998. – 192 с.

10.Самойленко В.М. Комплексне районування радіоактивно забруднених територій Полісся і півночі Лісостепу за гідрологічно-ландшафтними умовами та можливими радіоекологічними наслідками місцевого водо- і ресурсокористування. К.: Ніка-Центр, 1999. 280с.

11.Самойленко В.М., Тавров Ю.С., Буянов М.І. Комплексний радіоекологічний моніторинг водойм місцевого водокористування та методологічно-оптимізувальні рішення стохастичної екологічної гідрології. К.: Ніка-Центр, 2000. 136 с.

12.Гродзинський М.Д. Пізнання ландшафту: місце і простір: монографія у 2-х т. К.: Київський університет, 2005. Т.1. 431 с. Т.2. 503 с.

13. Гродзинський М.Д. Ландшафтна екологія: підручник. К.: Знання, 2014. 550 с.

14.Самойленко В.М., Верес К.О. Моделювання урболандшафтних басейнових геосистем: Монографія. К.: Ніка-Центр, 2007. 296 с.

[https://www.researchgate.net/publication/358735783\\_Samojlenko\\_V\\_M\\_Veres\\_K\\_O\\_Mo\\_deluvanna\\_urbolandsaftnih\\_basejnovih\\_geosistem\\_Monografia\\_2007](https://www.researchgate.net/publication/358735783_Samojlenko_V_M_Veres_K_O_Mo_deluvanna_urbolandsaftnih_basejnovih_geosistem_Monografia_2007)

15.Самойленко В.М., Діброва І.О. Модельна ідентифікація берегових геосистем: Монографія. К.: Ніка-Центр, 2012. 328 с.

[https://www.researchgate.net/publication/358734897\\_Modelna\\_identifikacia\\_beregovih\\_geosistem\\_Monografia\\_VMSamojlenko\\_IODibrova\\_-\\_K\\_Nika-Centr\\_2012\\_-\\_328\\_s](https://www.researchgate.net/publication/358734897_Modelna_identifikacia_beregovih_geosistem_Monografia_VMSamojlenko_IODibrova_-_K_Nika-Centr_2012_-_328_s)

16.Самойленко В.М. Географічні інформаційні системи та технології: електронний підручник. Версія 1.0. – К.: Ніка-Центр, 2012. – CD, ISBN 978-966-521-585-1.

17.Самойленко В.М. Дидактика географії: монографія / В.М.Самойленко, О.М.Топузов, Л.П.Вішнікіна, О.Ф.Надтока, І.О.Діброва. К.: Педагогічна думка, 2014. 586 с.

18.Самойленко В.М., Даценко Л.М., Діброва І.О. Проектування ГІС: підручник (англ. і укр.). К.: ДП "Прінт Сервіс", 2015. 256 с.

[https://www.researchgate.net/publication/358727130\\_GIS\\_designing\\_Textbook\\_in\\_English\\_and\\_Ukrainian\\_Samoilenko\\_V\\_Datsenko\\_L\\_Dibrova\\_I\\_Kyiv\\_Print\\_Service\\_2015\\_256\\_p](https://www.researchgate.net/publication/358727130_GIS_designing_Textbook_in_English_and_Ukrainian_Samoilenko_V_Datsenko_L_Dibrova_I_Kyiv_Print_Service_2015_256_p)

19. Самойленко В.М., Маляренко О.С. Моделювання регіонально-специфічної екомережі: монографія (електронна версія). К.: Ніка-Центр, 2017. CD, ISBN 978-966-521-691-9. 196 с.

[https://www.researchgate.net/publication/358729428\\_Modeluvanna\\_regionalno-specificnoi\\_ekomerezi\\_Monografia\\_elektronna\\_versia\\_VM\\_Samojlenko\\_OS\\_Malarenko\\_-\\_K\\_Nika-Centr\\_2017\\_-\\_CD\\_ISBN\\_978-966-521-691-9\\_-\\_196\\_s\\_150\\_da](https://www.researchgate.net/publication/358729428_Modeluvanna_regionalno-specificnoi_ekomerezi_Monografia_elektronna_versia_VM_Samojlenko_OS_Malarenko_-_K_Nika-Centr_2017_-_CD_ISBN_978-966-521-691-9_-_196_s_150_da)

20. Самойленко В.М., Діброва І.О. Антропізація ландшафтів: підручник. К.: Ніка-Центр, 2021. 304 с.

[https://www.researchgate.net/publication/358725443\\_Antropizacia\\_landsaftiv\\_pidrucnik\\_VM\\_Samojlenko\\_IO\\_Dibrova\\_K\\_Nika-centr\\_2021\\_304\\_s](https://www.researchgate.net/publication/358725443_Antropizacia_landsaftiv_pidrucnik_VM_Samojlenko_IO_Dibrova_K_Nika-centr_2021_304_s)



НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

*САМОЙЛЕНКО Віктор Миколайович*

*ДІБРОВА Іван Олександрович*

**НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС  
З ДИСЦИПЛІНИ  
"ПРИРОДНИЧО-ГЕОГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ"**

Текст наведено в авторській редакції

Обл.-вид. арк. 4,9. Формат 70x100/16.

ТОВ "ДІА". 03022, Київ, вул. Васильківська, 45.  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів  
видавничої продукції ДК №1149 від 12.12.2002