

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ЗБІРНИК
МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК**

до практичних робіт з дисципліни
«ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ»

Одеса – 2015

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК
МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК
до практичних робіт
з дисципліни
«Технології захисту довкілля»

студентів I (V) курсу денної та заочної форм навчання
за спеціальністю 7(8).04010602
«Прикладна екологія та збалансоване природокористування».

«Затверджено»
на засіданні методичної комісії
природоохоронного факультету
Протокол № ____ від ____ 2015 р.

Одеса – 2015

Технології захисту довкілля. Збірник методичних вказівок до виконання практичних робіт з дисципліни «Технології захисту довкілля». /Даус М.Є., Захарова М.В./ – Одеса, ОДЕКУ, 2015. – 62 с.

Методичні вказівки призначені для студентів I (V) курсу денної та заочної форм навчання за спеціальністю 7(8).04010602 «Прикладна екологія та збалансоване природокористування».

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1	5
«Розрахунки розсіювання забруднювальних речовин»	5
1.1. Установка Screen View	6
1.2. Створення проекту Screen View	6
1.3. Вхідні параметри джерела	7
1.4. Опції	8
1.5. Запуск моделі SCREEN3	12
1.6. Опції виведення	13
1.7. Завдання до практичної роботи № 1	15
1.7.1. Розрахунок концентрацій домішки для точкового джерела	15
1.7.2. Розрахунок концентрацій домішки для факельного джерела..	17
1.7.3. Розрахунок концентрацій домішки для розподіленого джерела	18
1.7.4. Розрахунок концентрацій домішки для об'ємного джерела	18
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2	20
«Районування території Одеської області за методом зважених балів»	20
2.1. Загальні положення про фізико-географічне районування	20
2.2. Основні етапи фізико-географічного районування із застосуванням математичних методів	22
2.3. Матриця районування	24
2.4. Нормування показників районування	24
2.5. Оцінка інформативності показників районування	26
2.6. Районування території за методом зважених балів	27
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3	35
«Побудова багатовимірної регресійної моделі із застосуванням факторного аналізу»	35
3.1. Теоретичні основи методу факторного аналізу	35
3.2. Основні положення регресійного аналізу	41
3.3. Оцінка адекватності регресійної моделі за складовими дисперсії випадкової величини	46
3.4. Визначення частинних коефіцієнтів кореляції	48
ДОДАТОК	54
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	62

ПЕРЕДМОВА

Навчальна дисципліна «Технології захисту довкілля» належить до циклу професійної та практичної підготовки фахівців для підготовки за спеціальністю «Прикладна екологія та збалансоване природокористування» шифр 7(8).04010602, спеціалізації – «Гідроекологія», «Агроекологія».

Метою дисципліни «Технології захисту довкілля» є підготовка фахівця, який володітиме теоретичними, науковими знаннями та практичними навичками, спрямованими на захист атмосферного повітря від забруднення шкідливими речовинами із застосуванням сучасних технологій та пилогазоочисного обладнання; вирішення питань раціонального промислового водопостачання й водовідведення, розробку систем і технологічних схем очищення виробничих стічних вод, що забезпечують охорону та відновлення водних екосистем; захист земель від промислового забруднення й екзогенних впливів.

В результаті опанування дисципліни «Технології захисту довкілля» студенти повинні знати: правові основи, технологічні та виробничі аспекти впливу на довкілля, сучасні підходи, новітні методи й технології захисту атмосфери, охорони та відновлення водних екосистем, технології охорони земель.

Після вивчення дисципліни «Технології захисту довкілля» студенти повинні вміти: застосовувати методи контролю та оцінювання промислового впливу на стан довкілля, виконувати прогностичні оцінки впливу проектованої діяльності на природне середовище.

Ця методична розробка є допоміжним матеріалом для виконання студентами практичних робіт і складається з 3 тем. Кожна робота містить загальні теоретичні пояснення суттєвих положень даної теми, практичну частину, в якій наведено завдання та вхідну інформацію по варіантах в додатку. На останній сторінці методичних вказівок наведений перелік рекомендованої літератури.

Контроль поточних знань виконується на базі кредитно-модульної системи оцінювання знань. В якості форми поточного контролю використовується усне опитування при захисті виконаних практичних робіт. Перша практична робота оцінюється у 20 балів, друга та третя – у 15 балів. Максимальна кількість балів за практичну частину курсу становить 50 балів.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

«Розрахунки розсіювання забруднювальних речовин»

Мета роботи. *Навчитися розраховувати забруднення атмосферного повітря від різних типів джерел для різновидів місцевості та з врахуванням сільської та міської забудови.*

У результаті антропогенної діяльності до атмосферного повітря надходять рідкі й тверді часточки та газуваті речовини у понаднормовій кількості, це призводить до зміни хімічного складу атмосферного повітря.

Будь-яка домішка, потрапляючи в атмосферу, розноситься повітряними течіями. При цьому великомасштабні потоки повітря **переносять** об'єми домішки як ціле (**перенесення** домішки), а дрібномасштабні турбулентні вихори, які хаотично переміщуються у цьому потоці, **розсіюють** домішки шляхом перемішування їх з навколишнім повітрям. Процес розсіювання домішки в турбулентному середовищі називається **турбулентною дифузією**. Комбінація перенесення і дифузії домішок в атмосфері називається **атмосферною дисперсією**.

Домішки проникають в атмосферу з певною швидкістю і температурою, які зазвичай відрізняються від відповідних характеристик атмосфери. Тому рух викидів має вертикальну складову, обумовлену початковою вертикальною швидкістю потоку і різницею температур, до тих пір, поки не зникне дія цих чинників. Цей вертикальний підйом домішок називається **підйомом факела**. Він спричиняє зміну ефективної висоти H точки викиду домішок. На шлях розповсюдження домішок впливають також зміни динаміки потоків поблизу таких перешкод як будівлі і споруди.

Одна з моделей середнього класу – SCREEN3 розроблена та застосовується в Управлінні з охорони навколишнього середовища США для розрахунків забруднення атмосферного повітря від різних типів джерел. Знайомство з моделлю SCREEN3 дасть можливість студентам та магістрам зрозуміти основні положення цієї методики розрахунків забруднення атмосфери та набути практичних навичок у роботі з нею. Програмний комплекс SCREEN3 надає у користування фірма «Environmental Laker» безкоштовно.

Модель SCREEN3 розроблено задля забезпечення простого у використанні методу, який оцінює концентрації забруднювальних речовин. Оцінювання концентрацій здійснюється на підставі нормативного документу «Screening Procedures for Estimating the Air Quality Impact of Stationary Sources» (YOHNC 1995). SCREEN3, версія 3.0 моделі SCREEN, виконує розрахунки на короткий термін для всіх поодиноких джерел.

Практична робота виконується з використанням матеріалів навчально-методичного посібника [1].

1.1. Установка Screen View

Перед тим, як встановлювати Screen View, Ви повинні пересвідчитися, що Ваша ПЕОМ відповідає таким вимогам:

- персональний комп'ютер фірми IBM або сумісний з машинами IBM;
- процесор типу Pentium або вище;
- принаймні 15 MB доступного місця на жорсткому диску;
- принаймні 128 MB оперативної пам'яті;
- Windows 98/ME/2000/XP або Windows NT4 (Service Pack 6);
- дисковод CD-ROM (для установки).

Інструкції до установки:

Дотримуйтесь таких інструкцій, щоб встановити Screen View на свій комп'ютер:

1. вставте диск у CD-ROM. Вікно установки повинно відкритись автоматично. Якщо вікно не відкрилось автоматично, тоді двічі клацніть на піктограму **My Computer** на **Робочому Столі**. При цьому відкриється вікно **My Computer** та перелік доступних дисків. Далі оберіть піктограму CD-ROM та двічі клацніть на неї, щоб з'явився зміст диску. Тоді оберіть файл loader.exe та, двічі натиснувши на нього, виведіть інсталяційний екран.

2. щоб встановити Screen View, натисніть на посилання Install Screen View. Таким чином почнеться процес інсталяції. Дотримуйтесь інструкцій, що висвітлюватимуться на Вашому екрані.

3. CD також містить Screen View User's Guide, SCREEN3 Model User's Guide (тобто посібники користувача з Screen View та моделі SCREEN3) та демонстраційні версії продуктів Lakes Environmental Software.

4. натисніть на кнопку Exit, щоб закрити вікно інсталяції.

Після завершення інсталяції, Ви можете запустити Screen View, двічі натиснувши на піктограму **Screen View**, або у пусковому меню Windows вибрати Programs/Lakes Environmental/Screen View.

1.2. Створення проекту Screen View

Крок 1. З пускового меню Windows виберіть Programs/Lakes Environmental/Screen View (або інший шлях, якщо програму Screen View було встановлено в іншому місці) або двічі клацніть на піктограму Screen View, яка знаходиться у папці «Lakes Environmental» на робочому столі.

Крок 2. Після того, як з'явиться діалогове вікно «About», клацніть на кнопку «OK» і на екрані відобразиться вхідне вікно Screen View.

Крок 3. Оберіть File/New Project і на екрані відкриється діалогове вікно Create New Screen View Project (рис. 1.1). Виберіть робочу директорію, в якій Ви хочете зберегти проект, та надайте йому ім'я. Ви можете також створити нову директорію, в якій зберігатимуться ваші проекти. Щоб продовжити, клацніть на «Save».

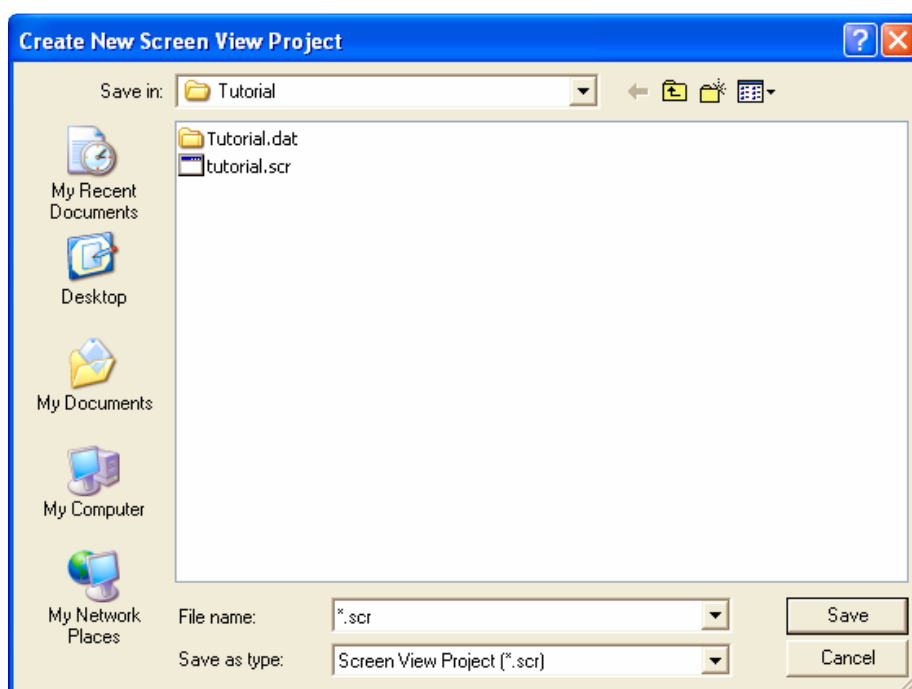


Рисунок 1.1 – Вікно для створення нового проекту Screen View

1.3. Вхідні параметри джерела

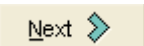
Крок 4. Коли Ви відкрили або створили проект першим вікном, яке відкриється, буде вікно Source Inputs (рис. 1.2). В поле для назви (Title) введіть коротке описання Вашого проекту, а саме Tutorial – Point Source in Complex Terrain. Назва повинна бути довжиною не більше 79 символів, і включатиметься у вихідний файл, створений моделлю SCREEN3.

Крок 5. Виберіть Point (точковий) на панелі Source Type (тип джерела), Rural (сільський) в Dispersion Coefficient (коефіцієнт розсіювання) та введіть «0» у Flagpole Receptor (штирвовий рецептор). Введіть наступні значення в вхідні поля панелі Point Source Parameter (параметри точкового джерела):

Emission rate/Потужність джерела.....	100 g/s
Stack Height/Висота димаря.....	100 m
Stack Inside/Внутрішній діаметр димаря.....	2.5 m
Stack Exit Gas (Velocity)/Вихідна швидкість газу.....	25 m/s
Stack Gas Exit Temperature/Температура газу на виході.....	450 K
Ambient Air Temperature/Температура навколишнього середовища.	293 K

Рисунок 1.2 – Вікно Source Inputs

1.4. Опції

Крок 6. Нарешті, якщо Ви закінчили введення параметрів в вікні Source Inputs, перейдіть до вікна Options, клацнувши по кнопці 

або по кнопці  на панелі інструментів.

Опції, які є доступними у вікні Options, залежать від типу джерела, для якого будуватиметься модель (Point – точковий, Flare – факельний, Area – розповсюджений, або Volume – об’ємний). Для точкового джерела вікно Options представлено на рис. 1.3.

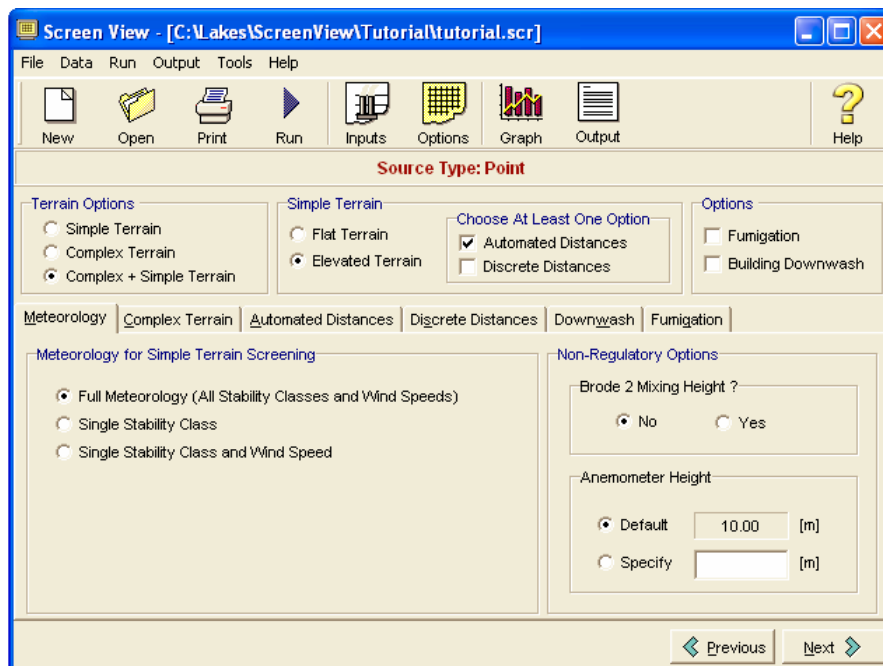


Рисунок 1.3 – Вигляд діалогового вікна Options для точкового джерела

Нагорі вікна Options можна побачити зведену панель, яка містить опції, що є доступними для певного типу джерела (рис. 1.4).

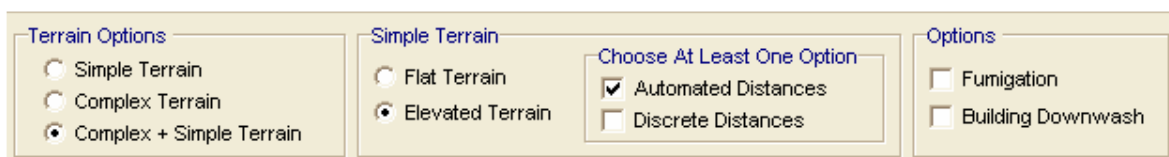


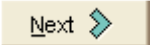
Рисунок 1.4 – Вигляд зведеної панелі з опціями для певного джерела

Крок 7. Виберіть наступні опції на панелі:

- Complex Terrain: оберіть Complex Terrain + Simple Terrain (місцевість зі складним та простим рельєфом). Це зробить доступними опції Simple Terrain та дозволить змодельовати вплив підвищеного рельєфу на максимальні концентрації на висотах вищих за висоту димаря.
- Simple Terrain (місцевість з простим рельєфом): якщо не вказано інакше, то автоматично обирається опція Flat Terrain (рівнинна місцевість), проте для задачі, що розглядається, виберіть Elevated Terrain (підвищена місцевість).
- Automated Distances (автоматично визначені відстані): обираємо цю опцію.
- Discrete Distances (визначені користувачем відстані): не обираємо.
- Fumigation (зادимлення): не обираємо.
- Building Downwash (скіс потоку вниз при обтіканні будівель, а

саме: «змив» забруднювальних речовин до поверхні землі за рахунок аеродинамічної турбулентності, що викликається будівлями): якщо димар є ізольованим, тоді не обираємо цю опцію. Це вказуватиме на те, що ефект «Building Downwash» не впливає на викиди з димаря.

Крок 8. Нанизу вікна Options повинна відобразитися панель Meteorology. Для задачі, що розглядається нами, залишіть всі опції такими, якими їх було встановлено автоматично (Full Meteorology, Brode 2 Mixing Height Algorithm? No Default Anemometer Height of 10 meters).

Крок 9. Клацніть по кнопці , щоб перейти до таблиці Complex Terrain (місцевість зі складним рельєфом). Введіть наступні значення в метрах:

Terrain Height Above Stack Base/ Висота рельєфу над фундаментом димаря	Distance from Source/ Відстань від джерела
175	5000
200	7000
200	8000
200	10000

Крок 10. Клацніть на піктограму , щоб відкрити вікно Terrain Height Viewer (рис. 1.5) та оглянути профіль місцевості.

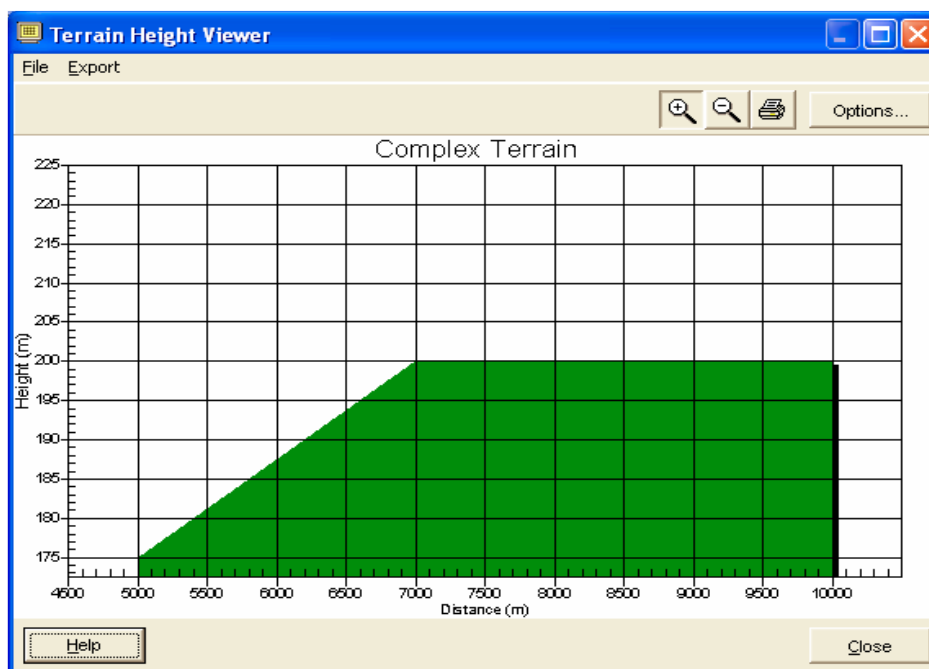


Рисунок 1.5 – Вигляд вікна Terrain Height Viewer (місцевість зі складним рельєфом)

Крок 11. Клацніть , щоб продовжити побудову моделі. На екрані відобразиться таблиця Automated Distances (автоматично задані відстані). Введіть наступні значення в метрах у цю таблицю:

Terrain Height Above Base Stack/ Висота рельєфу над фундаментом димаря	Minimum Distance/ Мінімальна відстань	Maximum Distance/ Максимальна відстань
30	50	1000
70	1000	3000
90	3000	5000
100	5000	10000

Крок 12. Клацніть на кнопку , щоб відкрити вікно Terrain Height Viewer (рис. 1.6) та оглянути профіль місцевості, який побудовано для відстаней, заданих автоматично.

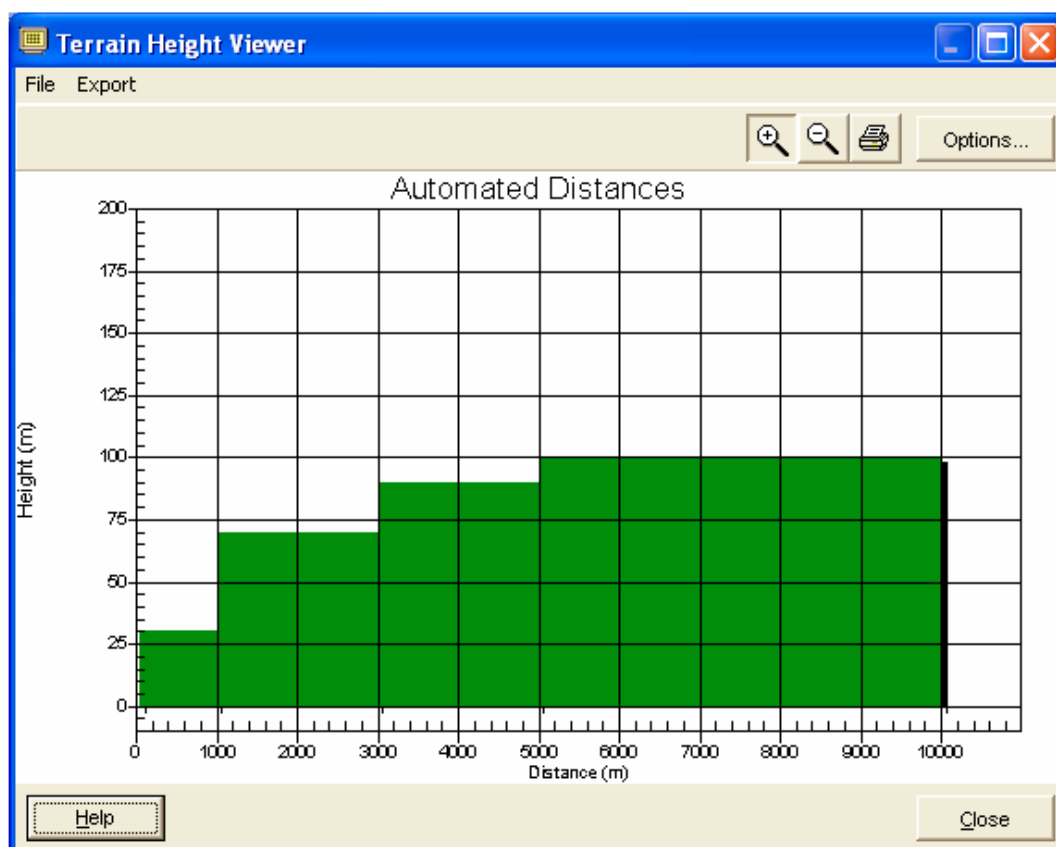
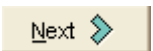


Рисунок 1.6 – Terrain Height Viewer (Automated Distances)

Крок 13. Клацніть по кнопці  для продовження. Ви не повинні вводити значення у поля Discrete Distances, Downwash та Fumigation, оскільки ці опції у нашому випадку неактивовані. Нарешті введення усіх необхідних даних завершено.

1.5. Запуск моделі SCREEN3

Крок 14. Ви можете запустити свій навчальний приклад, клацнувши по кнопці , щоб вивести діалогове вікно Status (рис. 1.7), або вибрати Run/Run SCREEN3... або клацнути по кнопці Run на панелі інструментів.

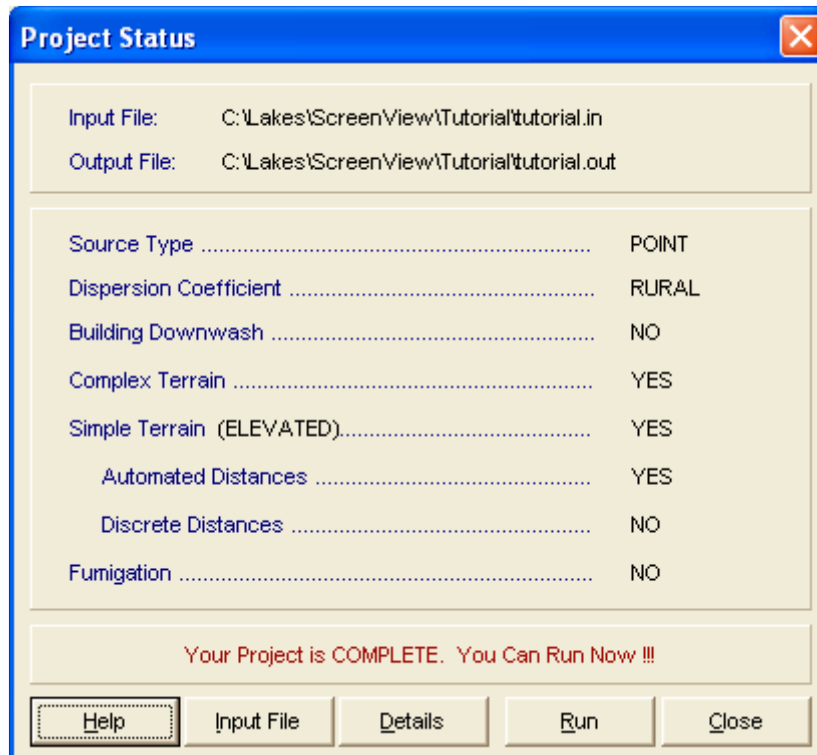
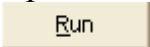


Рисунок 1.7 – Діалогове вікно Project Status

Крок 15. Вікно Project Status ідентифікується у будь-якому випадку: чи буде проект завершено, чи не буде. Якщо проект завершено, клацніть на кнопку , в іншому випадку – на кнопку Details, щоб перевірити, якої інформації не вистачає (рис. 1.8). Введіть відсутню інформацію та запустіть Ваш проект.

На рис. 1.8 у діалоговому вікні Details вказано, що не вистачає інтенсивності викиду у параметрах джерела.

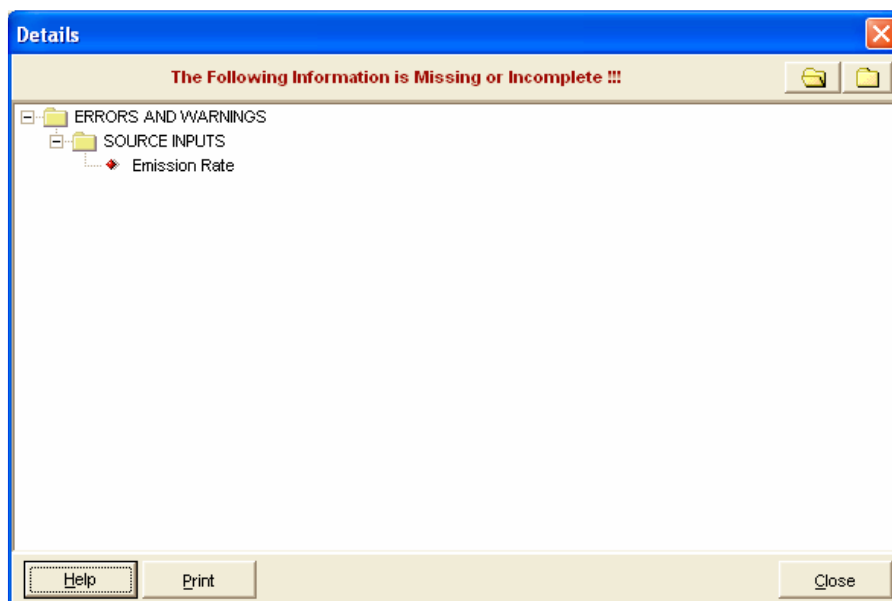


Рисунок 1.8 – Діалогове вікно Details

1.6. Опції виведення

Нарешті Ви закінчили навчальний проект. Якщо проект виконано успішно, то відобразиться діалогове вікно Run Finishes Successfully (рис. 1.9).

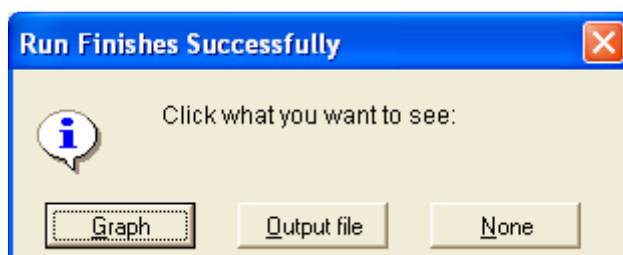
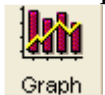


Рисунок 1.9 – Діалогове вікно Run Finishes Successfully

Крок 16. Виберіть кнопку Graph, щоб вивести вікно Graph (рис. 1.10). Ви можете також відобразити вікно Graph за допомогою меню Output/Graph... або клацнувши по кнопці  на панелі інструментів. Ви можете оглянути будь-який графік з переліку файлів графопобудовника, клацнувши на стрілку, що відкриє увесь низхідний перелік доступних вихідних графічних файлів.

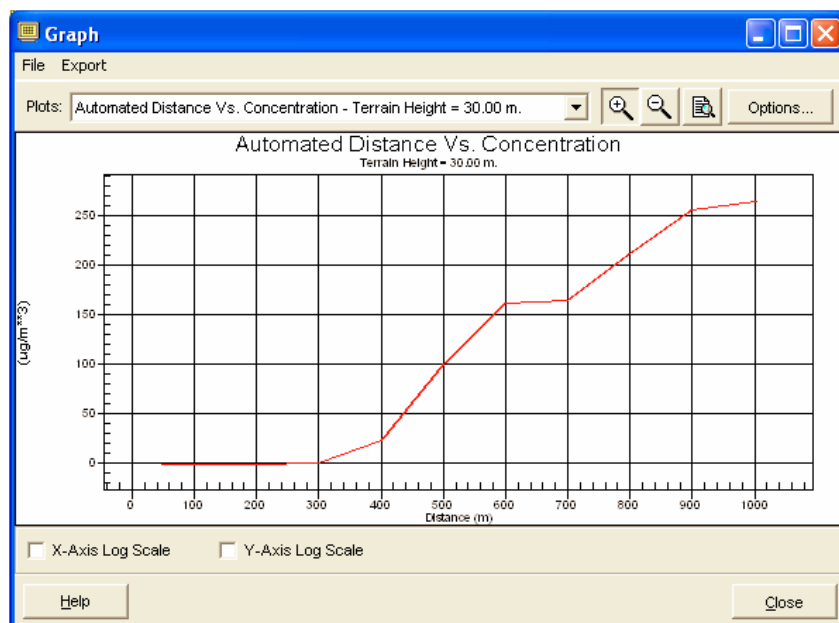


Рисунок 1.10 – Вікно Graph

Крок 17. Клацніть по кнопці , щоб відобразити вихідний файл Вашого поточного проекту.

Крок 18. Клацніть по кнопці , щоб закрити вікно Graph. Ви також можете вивести вихідний файл (рис. 1.11), клацнувши на кнопку  або вибравши з меню Output/Output File...

```

tutorial.out - WordPad
File Edit View Insert Format Help

*** SCREEN3 MODEL RUN ***
*** VERSION DATED 96043 ***

Tutorial - Point Source in Complex Terrain

COMPLEX TERRAIN INPUTS:
SOURCE TYPE           = POINT
EMISSION RATE (G/S)   = 100.000
STACK HT (M)          = 100.0000
STACK DIAMETER (M)    = 2.5000
STACK VELOCITY (M/S)  = 14.0000
STACK GAS TEMP (K)     = 450.0000
AMBIENT AIR TEMP (K)  = 293.0000
RECEPTOR HEIGHT (M) = .0000
URBAN/RURAL OPTION    = RURAL

THE REGULATORY (DEFAULT) MIXING HEIGHT OPTION WAS SELECTED.
THE REGULATORY (DEFAULT) ANEMOMETER HEIGHT OF 10.0 METERS WAS ENTERED.

BUOY. FLUX = 74.840 M**4/S**3; MOM. FLUX = 199.403 M**4/S**2.

FINAL STABLE PLUME HEIGHT (M) = 176.6

For Help, press F1
NUM

```

Рисунок 1.11 – Вікно Output File

1.7. Завдання до практичної роботи № 1

1. За допомогою моделі SCREEN3 розраховувати концентрації домішки для точкового джерела (1.7.1), факельного джерела (1.7.2), розподіленого джерела (1.7.3), об'ємного джерела (1.7.4) з використанням нижчеперелічених опцій програми.

2. Написати пояснювальну записку.

1.7.1. Розрахунок концентрацій домішки для точкового джерела

Завдання 1. Припустимо, що ізольований димар має вплив на деякі характеристики навколишнього середовища. Забруднююче джерело має наступні параметри:

№ п/п	Речовина, що викидається	Хімічна формула	ГПК, мг/м ³	c_b , мг/м ³	T_s , °C	T_a , °C	Q , г/с	z_s , м	w_s , м/с	d_s , м
1	Діоксид азоту	NO_2	0,085	0,005	102	26	10,0	12	2,3	0,4
2	Бензол	C_6H_6	1,5	0,02	23	23	2,4	16	1,7	1,5
3	Оксид міді	CuO	0,002	0,0004	67	25	0,08	13	4,0	2,0
4	Сірчана кислота	H_2SO_4	0,1	0,006	25	25	0,6	18	1,8	0,9
5	Діхлоретан	$C_2H_4Cl_2$	1,0	0,01	72	24	0,7	19	2,1	0,9
6	Фреон		10,0	0,6	25	25	9,6	12	1,9	2,1
7	Спирт етиловий	C_2H_5OH	5,0	1,6	26	26	13,0	13	3,5	2,4
8	Цемент		0,1	0,0002	49	26	2,3	15	4,6	1,0
9	Сірководень	H_2S	0,008	0,001	23	23	0,8	19	2,0	1,1
10	Сажа	SAW	0,05	0,002	84	23	0,43	23	0,8	1,6
11	Аміак	NH_4	0,2	0,01	26	26	4,1	20	2,3	2,4
12	Озон	O_3	0,03	0,01	42	28	0,11	15	5,1	0,6
13	Ртуть	Hg	0,0003	0,0	63	25	0,002	30	4,7	1,6
14	Оксид вуглецю	CO_2	1,0	0,7	51	25	6,5	11	3,3	0,7
15	Кислота азотна	HNO_3	0,4	0,001	79	25	2,4	13	6,6	1,4
16	Бромбензол	C_6H_5Br	0,03	0,0	27	27	0,9	14	7,0	0,9
17	Бензол	C_6H_6	1,5	0,5	26	26	1,5	15	8,1	0,6
18	Свинець	Pb	0,003	0,0	90	26	0,18	14	2,1	0,6
19	Фенол	$C_6H_5O_6$	0,01	0,006	105	25	0,106	21	2,0	0,8
20	Нікель	Ni	0,0002	0,0	76	23	0,0027	16	4,3	1,5
21	Оксид заліза	FeO	0,04	0,001	60	25	12,0	20	2,5	1,2

Зробити розрахунки концентрацій забруднюючих речовин по моделі SCREEN3, використовуючи наступні опції:

- Тип коефіцієнта тип коефіцієнта дисперсії: RURAL
- AUTOMATED DISTANCES
- FULL METEOROLOGY
- COMPLEX TERRAIN
- Опція «FUMIGATION» відсутня
- Опція «BUILDING DOWNWASH» відсутня

Оскільки в завданні використовується опція «COMPLEX TERRAIN», то необхідно задати перевищення місцевості над фундаментом димаря у тих точках, в яких висота перешкоди перевищує висоту димаря:

Висота перешкоди, м	Відстань перешкоди від димаря, м
150	1000
200	2000
200	5000
200	10000

Завдання 2. Використовуючи дані з попереднього завдання, зробити розрахунки концентрацій забруднюючих речовин по моделі SCREEN3, використовуючи наступні опції:

- Тип коефіцієнта тип коефіцієнта дисперсії: URBAN
- AUTOMATED DISTANCES
- FULL METEOROLOGY
- SIMPLE TERRAIN
- Опція «FUMIGATION» відсутня
- Опція «BUILDING DOWNWASH»

Оскільки в завданні використовується опція «BUILDING DOWNWASH», то необхідно задати параметри будівлі:

BUILDING HEIGHT, м	80
MIN HORIZ BLDG DIM, м	80
MAX HORIZ BLDG DIM, м	100

Завдання 3. Використовуючи дані з попереднього завдання, зробити розрахунки концентрацій забруднюючих речовин по моделі SCREEN3, використовуючи наступні опції:

- Тип коефіцієнта тип коефіцієнта дисперсії: RURAL
- AUTOMATED DISTANCES
- FULL METEOROLOGY
- SIMPLE TERRAIN
- Опція «FUMIGATION»
- Опція «BUILDING DOWNWASH» відсутня

1.7.2. Розрахунок концентрацій домішки для факельного джерела

Завдання 1. Припустимо, що факельне джерело має вплив на деякі характеристики навколишнього середовища. Забруднююче джерело має наступні параметри:

Emission rate (g/s)	1000
Flare stack height (m)	100
Total heat release (cal/s)	10^7

Використовуючи дані з попереднього завдання, зробити розрахунки концентрацій забруднюючих речовин по моделі SCREEN3, використовуючи наступні опції:

- Тип коефіцієнта тип коефіцієнта дисперсії: RURAL
- AUTOMATED DISTANCES
- FULL METEOROLOGY
- COMPLEX TERRAIN
- Опція «FUMIGATION» і
- Опція «BUILDING DOWNWASH» відсутня

Висоти перешкод та їх відстань від джерела візьміть з даних для точкового джерела.

Завдання 2. Використовуючи дані з попереднього завдання, зробити розрахунки концентрацій забруднюючих речовин по моделі SCREEN3, використовуючи наступні опції:

- Тип коефіцієнта тип коефіцієнта дисперсії: URBAN
- AUTOMATED DISTANCES
- FULL METEOROLOGY
- SIMPLE TERRAIN
- Опція «FUMIGATION» відсутня
- Опція «BUILDING DOWNWASH»

Параметри будівлі візьміть з даних для точкового джерела.

1.7.3. Розрахунок концентрацій домішки для розподіленого джерела

Завдання 1. Припустимо, що розподілене джерело має вплив на деякі характеристики навколишнього середовища. Забруднююче джерело має наступні параметри:

Emission rate (g/sm ²)	0,0025
Source height (m)	5,0
Length of larger side (m)	200
Length of smaller side (m)	200

Використовуючи дані з попереднього завдання, зробити розрахунки концентрацій забруднюючих речовин по моделі SCREEN3, використовуючи наступні опції:

- Тип коефіцієнта тип коефіцієнта дисперсії: URBAN
- AUTOMATED DISTANCES
- FULL METEOROLOGY
- SIMPLE TERRAIN
- Search Through Range of Wind Direction? Yes.

1.7.4. Розрахунок концентрацій домішки для об'ємного джерела

Завдання 1. Припустимо, що об'ємне джерело має вплив на деякі характеристики навколишнього середовища. Забруднююче джерело має наступні параметри:

Emission rate (g/s)	1,0
Source height (m)	10,0
Initial lateral dimension (m)	50
Initial vertical dimension (m)	50

Використовуючи дані з попереднього завдання, зробити розрахунки концентрацій забруднюючих речовин по моделі SCREEN3, використовуючи наступні опції:

- Тип коефіцієнта тип коефіцієнта дисперсії: RURAL
- AUTOMATED DISTANCES
- FULL METEOROLOGY
- SIMPLE TERRAIN

Контрольні питання

1. Які атмосферні процеси відповідають перенесенню домішок, а які розсіюванню?
2. Що називається атмосферною дисперсією?
3. Для яких розрахунків застосовується модель SCREEN3?
4. Які типи джерела дозволяє врахувати модель?
5. Які параметри точкового джерела необхідні для розрахунку по моделі?
6. Які параметри місцевості та забудови дозволяє врахувати модель?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

«Районування території Одеської області за методом зважених балів»

Мета роботи. *Навчитися виконувати фізико-географічне районування території за запропонованим комплексом ознак для виділення однорідних за ступенем агроекологічної комфортності районів.*

2.1. Загальні положення про фізико-географічне районування

Фізико-географічне районування – це система територіального розподілу, заснована на виявленні супідрядних природних регіонів. Фізико-географічне районування може бути здійснене за частковими фізико-географічними ознаками (галузеве фізико-географічне районування: геоморфологічне, кліматичне, гідрологічне, ґрунтове, ботанічне та ін.) або за взаємозв'язаним комплексом ознак (комплексне фізико-географічне або ландшафтне).

Поняття «Фізико-географічне районування» вперше в 1897 році ввів Г.І. Танфільєв і вважав його основою для виділення господарських районів.

Комплексні фізико-географічні дослідження охоплюють геосистеми трьох основних ієрархічних рівнів: 1) **планетарного** – географічну оболонку, географічну сферу Землі; 2) **регіонального** – ландшафтні країни, зони провінції, області, райони; 3) **локального** (місцевого, топічного) – внутрішньоландшафтні яруси, ландшафтні рівні, мікрозони, місцевості, урочища, фації. Вивчають закономірності будови, характеру вертикальної і латеральної структури, речовинно-енергетичного обміну в ландшафтах, особливості їх функціонування, еволюції, просторово-часової організації і диференціації, кількісні показники фізичних, хімічних, біотичних властивостей. Встановлюються взаємозв'язки між структурними елементами і морфо-генетичними компонентами природно-територіальних комплексів, а також зміни, які відбулися за історичний період під впливом господарської діяльності, сучасні і прогнозовані стани. Цілісність ландшафтів залежить від взаємозв'язаності і взаємообумовленості їх структурних елементів, внутрішнього і зовнішнього речовинно-енергетичного балансу (метаболізму), проявів таких чинників як промениста сонячна енергія, тектонічні процеси, обертання Землі, гравітація, господарська діяльність.

Складність і просторова різноманітність географічної оболонки, множинність класифікаційних і регіональних підрозділів ландшафтів, використання їх ресурсів у різних практичних цілях обумовлюють різноманітність комплексної фізичної географії.

При районуванні виявляються, вивчаються і картографуються об'єктивно існуючі комплекси, поєднання яких формує цілісну оболонку.

При районуванні необхідно враховувати низку загальних географічних закономірностей формування і диференціації природи в цілому. До їх числа належать: 1) цілісність географічної оболонки; 2) наявність обміну речовин і енергії між окремими частинами як у вертикальному, так і горизонтальному напрямі; 3) зональність (широта і висота) як результат різного надходження тепла і вологи за широтою і за висотою місцевості; 4) прояв незональної геолого-морфологічної будови, зокрема положення ділянок суші по відношенню до океанів і поява довготної закономірності зміни комплексів (довготної зональності).

Виходячи з цих закономірностей, формуються принципи районування. Зокрема, для фізико-географічного районування є такі принципи:

а) **зональний** (виділення зон і підзон, а в горах висотних зон або поясів); б) **незональний** (облік геолого-геоморфологічної будови і виділення регіональних одиниць – країн, провінцій, районів); в) **генетичний** (облік історії розвитку); г) **зонально-незональний** (зони виділяються усередині країни); д) **ландшафтно-генетичний** (принцип комплексності) і інші.

Найпоширеніші фізико-географічні таксономічні одиниці: пояс, країна, зона, провінція, район, місцевість, урочище, фація. Основною одиницею середніх ступенів вважається провінція, нижніх – урочище.

Провінція – це частина зони, відмінна від сусідніх за основними рисами геологічної будови і геоморфологічних особливостей, характеру неотектоніки, панування певного зонального типу ландшафту.

Таксономічні одиниці різного рангу відрізняються за структурою ландшафтів: **країна** – поєднанням типів ландшафтів, **зональна область** – типом ландшафту, **район** – поєднанням їх видів.

Природні райони відрізняються межами – смугами різної ширини, відбиваючими кількісні зміни якісних особливостей регіонів. Межі бувають поступові і різкі, що залежить від віку регіону (чим стародавніший регіон, тим більш плавна межа).

Серед напрямів районування є два основних: у першому з них – нижчий; у другому напрямі, навпаки – виділяються і картографуються регіональні одиниці низького рангу і визначаються їх у вищій ранг. Перший найчастіше застосовується при дрібномасштабному, другий – при крупномасштабному районуванні.

Встановлення регіональних закономірностей просторово-часової організації ландшафтів становить основу вчення про фізико-географічне районування, виявлення механізму і проявів зональності та азональності, секторності, вертикальної диференціації ландшафтів, встановлення меж, таксономії і типології регіональних одиниць. Пізнання регіональних одиниць ландшафтів, а також фізико-географічних процесів, що відбуваються в них, спирається на системно-структурний,

функціональний, історичний і організаційний принципи (підходи), які реалізуються через систему методів в традиційних і нових напрямках ландшафтних досліджень.

Серед безпосередніх прийомів виділяють: а) **фізико-географічний метод**, заснований на ландшафтній топологічній карті – це якісний аналіз не тільки компонентів, але й комплексів; б) **картографічний метод**, який базується на аналізі різних картографічних матеріалів, аерофотознімків і космічних фотографій; в) **порівняльно-географічний метод**, заснований на виявленні відмінностей і спільностей між комплексами; г) **геофізичний метод**, який використовує кількісні характеристики геофізичних прийомів; д) **геохімічний метод**, заснований на методах геохімії ландшафтів; е) **палеогеографічний метод**, який розкриває історичний аналіз формування регіонів; ж) **математичний метод**.

2.2. Основні етапи фізико-географічного районування із застосуванням математичних методів

Районування території з використанням математичних методів здійснюється поетапно в наступній послідовності: 1) чітко формулюються мета і задачі дослідження (математичного районування); встановлюється масштаб районування; обґрунтовуються підходи, принципи і методи районування; 2) здійснюється відбір вихідних даних (показників), які повинні лягти в основу районування; 3) виділяються операційні, таксономічні або «територіальні одиниці» районування (ОТО); 4) складається вихідна матриця районування (банк географічних показників або даних); 5) перевіряються на інформативність всі ознаки (показники) районування; 6) виконується нормування вихідних показників; 7) здійснюється вибір і обґрунтування математичного методу (або методів) і виконуються всі необхідні розрахунки; 8) виконується ретельний аналіз отриманих результатів і їх географічна інтерпретація.

В цілому процедуру районування із застосуванням математичних методів можна розбити на два етапи: **початковий** і етап **безпосереднього використання** конкретного розрахункового методу.

Мета і задачі районування. Районування є однією з найважливіших географічних проблем.

Існуючі методи районування не виключають появи суб'єктивних рішень. Широке використання в географії математичних методів дозволяє значно просунутися вперед на шляху відшукування найоб'єктивніших методів виділення районів.

Головною метою районування є виділення «району» – ділянки території, яка має відносну єдність властивостей географічної структури або функціонування.

Сусідні райони відділяються один від одного межами, які є вузловими точками простору, де географічні процеси змінюються стрибкоподібно.

Фізико-географічне районування (тобто виділення районів) можна розглядати як один з етапів класифікації, де схожі райони об'єднуються на основі спільності властивостей і зв'язків. Воно здійснюється двома способами: **об'єднанням** або **розподілом**. Об'єднання, що вироблюється на підставі спільності властивостей, призводить до виділення **однорідного району**, а об'єднання, засноване на спільності взаємних зв'язків – до виділення **вузлового району**.

При районуванні необхідно дотримуватися таких основних принципів і правил:

1. Районування повинно вестися на підставі спільності властивостей і зв'язків.
2. Жоден з районів не повинен включатися в процес районування двічі.
3. Принцип розподілу або об'єднання повинен витримуватися на всіх рівнях районування.
4. Критерії районування повинні бути обумовлені з географічних позицій.

Відбір вихідних даних. Відомо, що кінцевий результат багато в чому визначається кількістю і якістю вихідних даних ознак, географічних показників.

Районування здійснюється на основі об'єднання або розподілу початкових одиниць на підставі спільності їх властивостей. Як початкові територіальні одиниці використовуються **«операційні територіальні одиниці»** (ОТО). Ними можуть бути елементарні басейни, ландшафти, геоморфологічні, ґрунтові, ботанічні ареали, адміністративні райони, квадрати або будь-які інші контури території. Перед вибором «територіальних одиниць» необхідно дотримуватися одного обмеження: кожна ознака (критерій, показник, чинник) районування повинна бути приблизно однаковою в межах виділення ОТО, щоб її можна було оцінити з позицій ознаки, що визначається, **однозначно** (як точку).

В межах районованої території виконується підбір ознак (показників) районування. Ознаки виступають як характеристики природних комплексів. Для математичного районування вони повинні бути виражені числами. Наприклад, температура – в градусах, відносна вологість – у відсотках, висота – в метрах, ухил – в градусах або проміле, забрудненість – в мг/дм³, еродованість ґрунтів – у відсотках, змив ґрунтів – в т/га та ін.

2.3. Матриця районування

Кожна операційно-територіальна одиниця ОТО має набір ознак. Якщо в досліджуваному регіоні виділено n первинних територіальних одиниць, які характеризуються m кількістю ознак, то вихідні дані зручно представити у вигляді прямокутної матриці (табл. 2.1) розміром $n \times m$.

Таблиця 2.1 – Матриця вихідних показників районування

ОТО	Ознаки					
	1	2	....	g	....	m
ОТО ₁	x_{11}	x_{12}	....	x_{1g}	....	x_{1m}
ОТО ₂	x_{21}	x_{22}	....	x_{2g}	....	x_{2m}
...						
ОТО _{i}	x_{i1}	x_{i2}	....	x_{ig}	....	x_{im}
...						
ОТО _{j}	x_{j1}	x_{j2}	....	x_{jg}	....	x_{jm}
...						
ОТО _{n}	x_{n1}	x_{n2}	....	x_{ng}	....	x_{nm}

У цій таблиці через i , j позначені номери географічних об'єктів або ОТО ($i, j=1; 2; 3; \dots; n$; $i=\overline{1,n}$; $j=\overline{1,n}$), а через g – номери ознак або показників ($g=1; 2; 3; \dots; m$; $g=\overline{1,m}$).

Важливо відзначити, що всі ознаки в вихідній матриці перебувають на одному і тому ж генетичному рівні, а сама матриця кількісних показників є початковим матеріалом для районування із застосуванням математичних методів. Всі показники, поміщені в вихідну матрицю районування, перевіряються на інформативність, крім того виконується їх нормування.

2.4. Нормування показників районування

При фізико-географічному районуванні використовуються ознаки (показники, характеристики), що мають різну розмірність. В цьому випадку ряди розмірних ознак трансформуються в безрозмірні. Крім того, дуже часто ознаки мають значення величин, відмінних одна від одної на декілька порядків, що також спричиняє необхідність нормування даних.

Для одержання нормованого ряду величин рекомендується

використовувати формулу нормованого відхилення. **Нормований ряд** – це безрозмірний ряд значень ознаки, одержуваний з вихідного ряду розмірних величин шляхом віднімання з кожного значення початкового ряду його середнього значення $(\bar{x})$ і ділення одержаної різниці на середнє квадратичне відхилення (σ_x) , $z_i = \frac{x_{ig} - \bar{x}_g}{\sigma_g}$.

Визначення характеристик при нормуванні ознак в вихідній матриці районування з використанням стандартного перетворювача здійснюється за формулами

$$z_{ig} = \frac{x_{ig} - \bar{x}_g}{\sigma_g}, \quad (2.1)$$

$$\bar{x}_g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ig}, \quad (2.2)$$

$$\sigma_g = \left(\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ig} - \bar{x})^2} \right)^2, \quad (2.3)$$

де z_{ig} – нормовані значення вихідних показників;

x_g – вихідні ознаки районування (матриця показників);

$\bar{x}_g$ – середнє значення вихідних ознак;

σ_g – стандартне відхилення g -ої ознаки від її середньої арифметичної величини;

g – кількість ознак ($g = \overline{1, m}$).

При використанні стандартного нормованого відхилення для перетворення вихідного ряду значень ознаки ($x_1, x_2, \dots, x_n$ з параметрами $\bar{x}$ і σ_g) одержується безрозмірний ряд величин $z_1, z_2, \dots, z_n$. Середнє значення перетвореного ряду $\bar{z} = 0$, а середнє квадратичне відхилення $\sigma_z = 1$. Самий же ряд значень ознаки (z_g) зберігає той же закон розподілу, що й ряд x .

2.5. Оцінка інформативності показників районування

Ознаки, вибрані для цілей районування, можуть мати різну інформативність, а іноді вони можуть просто дублювати одна одну. Тому необхідно здійснити перевірку вихідних показників на інформативність.

Для перевірки на інформативність показників районування часто використовується критерій Д. Родіонова у вигляді

$$V_{Rg}^2 = \frac{n_1 \cdot n_2}{n} \left[\frac{(\bar{x}'_g - \bar{x}''_g)^2}{\sigma_g^2} \right], \quad (2.4)$$

де n_1 і n_2 – кількість (число) значень кожної ознаки в першій і в другій підматрицях, на які розбивається матриця вихідних даних (якщо n – парне, то $n_1 = n_2$);

$\bar{x}'_g$ і $\bar{x}''_g$ – середні значення g -ої ознаки, відповідно в першій і другій підматрицях;

$\sigma_g^2 = D_g$ – дисперсія g -ої ознаки, загальна для двох підматриць, яка визначається за формулою

$$\sigma_g^2 = D_g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ig} - \bar{x}_g)^2, \quad (2.5)$$

де $\bar{x}_g$ – середня арифметична величина g -ої ознаки з урахуванням всіх значень обох підматриць.

Середнє значення g -ої ознаки в першій підматриці ($\bar{x}'_g$) розраховується за формулою

$$\bar{x}'_g = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} x_{ig}. \quad (2.6)$$

Середня арифметична величина g -ої ознаки $\bar{x}''_g$ визначається за децю іншою формулою

$$\bar{x}''_g = \frac{1}{n_2} \sum_{j=n_1+1}^n x_{jg}. \quad (2.7)$$

Середнє значення g -ої ознаки $(\bar{x}_g)$ визначається з урахуванням всіх значень обох підматриць і визначається за формулою

$$\bar{x}_g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ig} . \quad (2.8)$$

де n – загальне число географічних об’єктів або ОТО ($n = n_1 + n_2$).

Критерій Родіонова має χ^2 розподіл з одним ступенем вільності ($\nu = 1$). Інформативними будуть ознаки, для яких виконується умова

$$V_{Rg}^2 > \chi_T^2 . \quad (2.9)$$

Критичне значення χ_T^2 визначається за спеціальною таблицею (додаток, табл. 1) з урахуванням числа ступенів вільності ($\nu = 1$) і обраного рівня значущості (q), наприклад, 1%; 5%; 10%. Найчастіше при фізико-географічних дослідженнях задається 5%-вий рівень значущості ($q = 5\%$ або $q = 0,05$).

2.6. Районування території за методом зважених балів

Метод зважених балів дозволяє дати оцінку природних умов і антропогенних чинників, використовуючи будь-яку кількість показників (характеристик, чинників або ознак). Цей метод в теперішній час знайшов дуже широке застосування як в загально-географічних, ландшафтних дослідженнях, так і в галузевих й прикладних роботах та узагальненнях. Останніми роками метод зважених балів з успіхом застосовується при оцінці і картографуванні антропогенного навантаження на ландшафти, при комплексній оцінці і районуванні екологічного стану географічних об’єктів і природних ресурсів (водних, земельних, рослинних та ін.).

Сутність методу полягає в наступному: спочатку територія, що вивчається, розбивається на первинні територіальні одиниці ОТО. Потім здійснюється відбір показників, які повинні лягти в основу районування, і складається початкова матриця районування або база даних (табл. 2.1).

Далі замість абсолютних значень показників записується їх оцінка в балах, тобто числові ряди або якісна інформація трансформуються в прості оцінні бали (табл. 2.2).

Перетворення вихідних ознак в бали полягає в тому, що кожна ознака (показник, чинник) з вихідної матриці районування виражається у вигляді простих оцінних балів (B_{ig}).

Така трансформація виконується у декілька етапів:

1) Для ряду ознак ($x_1, x_2, \dots, x_n$) визначаються максимальні ($x_{\max}$) та мінімальні ($x_{\min}$) значення. Розраховується амплітуда коливання ознаки $A = x_{\max} - x_{\min}$.

2) Далі обирається бальна система (шкала) k_6 , яка використовуватиметься для перетворення всіх вихідних показників (ознак, чинників) районування, наприклад, 7-бальна рівномірна система оцінки.

3) Встановлюється інтервал розподілу (h_6) для кожної з градацій, яка оцінюється відповідним балом, шляхом розподілу амплітуди коливання ознаки (A) на кількість балів прийнятої системи:

$$h_6 = \frac{A}{k_6} = \frac{A}{7}; \quad (2.10)$$

4) Складається шкала оцінок вихідних ознак (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Шкала оцінок вихідних ознак районування (при 7-бальній системі)

Оцінка в балах (B_i)	Градації вихідних ознак (від ÷ до)	Інтенсивність прояву в район поширення
1	$x_{\min} \div x_{\min} + h_6$	відсутня
2	$x_{\min} + h \div x_{\min} + 2h$	дуже слабка
3	$x_{\min} + 2h \div x_{\min} + 3h$	слабка
4	$x_{\min} + 3h \div x_{\min} + 4h$	середня
5	$x_{\min} + 4h \div x_{\min} + 5h$	сильна
6	$x_{\min} + 5h \div x_{\min} + 6h$	дуже сильна
7	$x_{\min} + 6h \div x_{\max}$	катастрофічна

За допомогою методики, показаної в табл. 2.2, оцінюються всі вихідні показники в межах кожної ОТО.

Далі для кожної операційно-територіальної одиниці (ОТО) за окремими частковими оцінками (простими оцінними балами) підраховується складний (комплексний) або зважений бал за формулою

$$B_i = \sum_{g=1}^m K_g \times B_{ig} , \quad (2.11)$$

де B_{ig} – прості оцінні бали окремих ознак (показників районування);

K_g – коефіцієнти зважування (вагові коефіцієнти), які характеризують значення тієї або іншої ознаки в класифікації, що виконується;

B_i – складний (сумарний, комплексний або «зважений») оцінний бал для i -ої операційно-територіальної одиниці (ОТО).

Таким чином, на першому етапі районування складається матриця початкових показників з урахуванням їх розмірностей (табл. 2.1). Далі замість абсолютних значень показників записується їх оцінка в балах (тобто трансформується числовий ряд або якісна інформація в бали), як описано вище.

У цьому методі районування для того, щоб сума балів виражала об'єктивну оцінку, необхідно визначити додаткові величини – «коефіцієнти зважування» або «вагові коефіцієнти» (K_g). Сутність полягає у тому, щоб відобразити вагу (важливість, значення або внесок) кожного показника серед всієї решти показників (ознак, характеристик або чинників).

Значення вагових коефіцієнтів за кожним показником визначаються в частках від одиниці за допомогою *коефіцієнтів парної кореляції*.

При використанні коефіцієнтів кореляції для встановлення коефіцієнтів зважування застосовується підхід наведений нижче. Обирається найголовніша або домінантна ознака (з числа включених в матрицю вихідних даних). Далі відшукуються коефіцієнти кореляції між домінантною ознакою ($x_{\text{дом}}$) і всією рештою показників (x_g), тобто розраховуються

$r_{x_{\text{дом}} \cdot x_1}, r_{x_{\text{дом}} \cdot x_2}, \dots, r_{x_{\text{дом}} \cdot x_m}$. Ці парні коефіцієнти кореляції й беруться як вагові коефіцієнти $K_g = r_{x_{\text{дом}} \cdot x_g}$, тобто $K_1 = r_{x_{\text{дом}} \cdot x_1}$, $K_2 = r_{x_{\text{дом}} \cdot x_2}$, $K_{\text{дом}} = r_{x_{\text{дом}} \cdot x_{\text{дом}}} = 1$, $K_g = r_{x_{\text{дом}} \cdot x_g}$, $\dots$, $K_m = r_{x_{\text{дом}} \cdot x_m}$. Вважається, що

при виділенні домінантної ознаки вагові коефіцієнти визначаються більш-менш надійно. Одержані коефіцієнти зважування (K_g) помножуються на значення бала відповідного показника (ознаки або чинника). Внаслідок чого визначаються зважені бали ознак ($K_g B_{ig}$). В межах кожної ОТО

зважені бали складаються і одержується їх оцінна сума: $B_i = \sum_{g=1}^m K_g \times B_{ig}$

(табл. 2.3).

Далі за аналогією зі шкалою оцінок первинних показників (табл. 2.2) встановлюються градації сум зважених балів ($K_g \times \sum B_{ig}$) для віднесення кожної територіальної одиниці (ОТО) до того або іншого об'єднання районів (табл. 2.4). Нарешті, ОТО з однаковими або близькими значеннями зважених балів об'єднуються в однорідні райони (області, басейни і таке інше).

Таблиця 2.3 – Матриця простих оцінних балів початкових показників районування

Ознаки	Прості оцінні бали ознак (B_{ig}) та їх вагові коефіцієнти (K_g)						Складні бали (табл. 2.11)
ОТО	K_1	K_2	...	K_g	...	K_m	$B_i = \sum_{g=1}^m K_g \times B_{ig}$
ОТО ₁	B_{11}	B_{12}	...	B_{1g}	...	B_{1m}	$B_1 = \sum_1^m K_g \times B_{1g}$
ОТО ₂	B_{21}	B_{22}	...	B_{2g}	...	B_{2m}	$B_2 = \sum_1^m K_g \times B_{2g}$
...	...	...	...	...	...	...	...
ОТО _i	B_{i1}	B_{i2}	...	B_{ig}	...	B_{im}	$B_i = \sum_1^m K_g \times B_{ig}$
...	...	...	...	...	...	...	...
ОТО _j	B_{j1}	B_{j2}	...	B_{jg}	...	B_{jm}	$B_j = \sum_1^m K_g \times B_{jg}$
...	...	...	...	...	...	...	...
ОТО _n	B_{n1}	B_{n2}	...	B_{ng}	...	B_{nm}	$B_n = \sum_1^m K_g \times B_{ng}$

Приклад складання шкали градацій складних балів і результуючої таблиці районування території за методом зважених балів показаний в табл. 2.4.

У зведену таблицю рекомендується для кожної градації складних балів поміщати ще такі відомості: а) номери (або найменування) ОТО; б) кількість ОТО (n_i); в) площі (f_i); г) словесну характеристику або якісну оцінку, що характеризує природні умови: якість навколишнього середовища; стан об'єктів (добрі, задовільні, незадовільні, погані та ін.);

небезпека розвитку процесів, якість природних ресурсів, інтенсивність процесів та інше.

У цій таблиці сума всіх складних балів, що потрапили в різні градації, дорівнює загальному числу ОТО (табл. 2.4, графа 4), тобто

$\sum_{i=1}^{k_6} n_i = N$, а сума площ територіальних одиниць (ОТО), що потрапили в

різні градації складних балів, дорівнює загальній площі території, що

вивчається (табл. 2.4, графа 5), тобто $\sum_{i=1}^{k_6} f_i = F_{\text{заг}}$.

Таблиця 2.4 – Зведена таблиця і 7-бальна шкала градацій складних балів

1	Області	I	II	III	IV	V	VI	VII
2	Градації зважених балів	$B_{\min} + h_6$	$B_{\min} + h_6 + 2h_6$	$B_{\min} + 2h_6 + 3h_6$	$B_{\min} + 3h_6 + 4h_6$	$B_{\min} + 4h_6 + 5h_6$	$B_{\min} + 5h_6 + 6h_6$	$B_{\min} + 6h_6 + B_{\max}$
3	№ ОТО або її назва	5, 7, 12, ...	2, 3, 8, ...	1, 4, 7, 14, ...	6, 9, 10...	n, 16, 19, ...	13, 17, ...	15, ...
4	Кількість ОТО	n_I	n_{II}	n_{III}	n_{IV}	n_V	n_{VI}	n_{VII}
5	Площа	f_I	f_{II}	f_{III}	f_{IV}	f_V	f_{VI}	f_{VII}
6	Умови комфортності	Прекрасні	Відмінні	Добрі	Задовільні	Умови нижчі задовільних	Погані	Дуже погані

Районування за допомогою описуваного методу здійснюється шляхом об'єднання, наприклад, в область I – всіх ОТО, що мають суму зважених балів від $B_{\min}$ до $(B_{\min} + h_6)$ і таке інше.

Завдання до практичної роботи № 2

Вихідні дані. Схема адміністративних районів (рис. 2.1) і матриця вихідних показників (база даних) районування по 27 адміністративних районах Одеської області (додаток, табл. 2). Загальна площа Одеської області становить 33250 км².

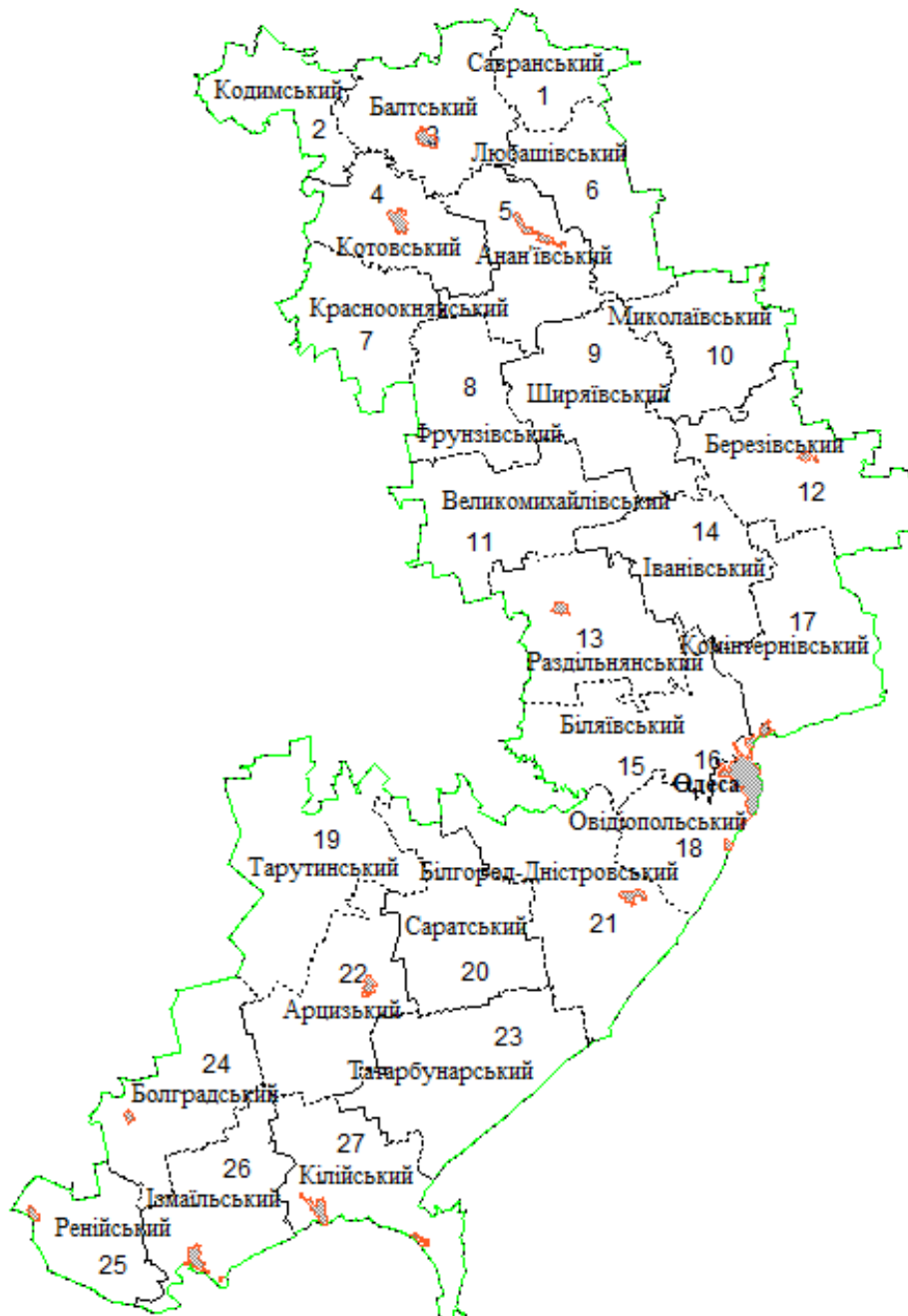


Рисунок 2.1 – Схема адміністративних районів Одеської області

Необхідно виконати: районування території Одеської області за такими 7 ознаками, наведеними нижче та в додатку, табл. 2:

1. Тривалість безморозного періоду (дні).
2. Сума позитивних температур повітря, вища 10°C.
3. Середня температура повітря в 13 год. за липень (°C).
4. Тривалість вегетаційного періоду (дні).
5. Середній з абсолютних річних максимумів температури повітря (°C).
6. Сума опадів за рік (мм).
7. Середня з максимальних декадних висот снігового покриву за зиму (см).

Завдання 1. Виконати нормування вихідних показників (додаток, табл. 2) за формулами (2.1)-(2.3) та здійснити їх перевірку на інформативність за критерієм Родіонова (2.4)-(2.8).

Завдання 2. Трансформувати матрицю початкових показників районування (додаток, табл. 2) в матрицю простих оцінних балів (тобто оцінити в балах всі первинні показники в межах кожної ОТО) за формулою (2.10).

Завдання 3. По кожній з виділених в досліджуваному регіоні ОТО (адміністративному району) виконати підрахунок зважених (комплексних, складних) балів на основі особистих оцінок (простих балів) за формулою (2.11). Скласти шкалу складних балів.

Домінантна ознака (**Н**) обирається кожним студентом індивідуально, відповідно до останньої цифри своєї залікової книжки (**А**), використовуючи такі умови: якщо $A \leq 5$, то $H = A$; якщо $5 < A \leq 10$, то $H = A - 5$.

Завдання 4. Використовуючи набуті значення зважених балів, здійснити об'єднання однорідних районів і скласти картосхему бальної оцінки території, що вивчається, за допомогою ГІС MapInfo. На картосхемі однорідні райони виділити одним кольором або однорідним штрихуванням.

Завдання 5. Скласти пояснювальну записку за аналогією з нижченаведеними поясненнями.

Контрольні питання

1. Що називається фізико-географічним районуванням?
2. Назвіть основні етапи фізико-географічного районування?
3. Що являє собою матриця районування?
4. З якою метою використовується перевірка показників районування на інформативність?

5. Для чого використовується районування?
6. Для чого виконується нормування показників районування?
7. Який основний недолік методу зважених балів?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

«Побудова багатовимірної регресійної моделі із застосуванням факторного аналізу»

Мета роботи. *Навчитися виділяти головні фактори формування водного режиму річок, застосовуючи метод факторного аналізу, та будувати багатофакторну залежність модуля річкового стоку від основних характеристик річкових водозборів на основі методу множинної лінійної регресії.*

3.1. Теоретичні основи методу факторного аналізу

У факторному аналізі висувається гіпотеза про те, що *дані спостережень є лише непрямими характеристиками явища, яке вивчається, і це явище можна описати за допомогою невеликої кількості деяких параметрів або властивостей. Такі теоретичні параметри або властивості називаються факторами.* Фактори є однаковими для всіх розглядуваних показників, але входять до кожного з них із своєю вагою. Зазначені властивості не повністю описують вихідні змінні. Залишається частина інформації, яку називають залишками.

Факторний аналіз дозволяє звести велику кількість показників до меншої кількості нових комплексних характеристик-факторів, не скорочуючи при цьому початкові обсяги інформації. Для виконання подібного «стиснення» інформації використовувався метод головних компонент, який є одним з найбільш поширених методів факторного аналізу та полягає в послідовному пошуку чинників. Існують і інші методи оцінки загальних факторів. Вони включають: метод незважених найменших квадратів, узагальнений метод найменших квадратів, метод максимальної правдоподібності, альфа-факторний метод, розпізнавання образів. Ці методи складніше, і їх не рекомендується використовувати недосвідченим аналітикам.

На рис. 3.1 ілюструється послідовність побудови загальних факторів і комплексної оцінки якості води у вигляді причинно-наслідкових зв'язків між показниками-змінними x_j (I), факторами F_i (II), інтегральними показниками (III), комплексної оцінки якості води (IV).

Початковим матеріалом для факторного аналізу гідроекологічних показників слугує матриця кореляції між показниками якості води. Оскільки показники якості води мають різну природу та відрізняються за шкідливістю, то саме факторний аналіз найбільш зручний для дослідження різноманітних аспектів формування якості поверхневих вод – приймачів стічних вод. Факторна модель дає можливість адекватно розрахувати структуру зв'язків між відносно невеликою кількістю досліджуваних

показників за допомогою меншої кількості факторів. Це дозволяє наблизити модель до реальних умов за рахунок введення до її структури нових факторів.

Причинно-наслідкові зв'язки			
I	II	III	IV

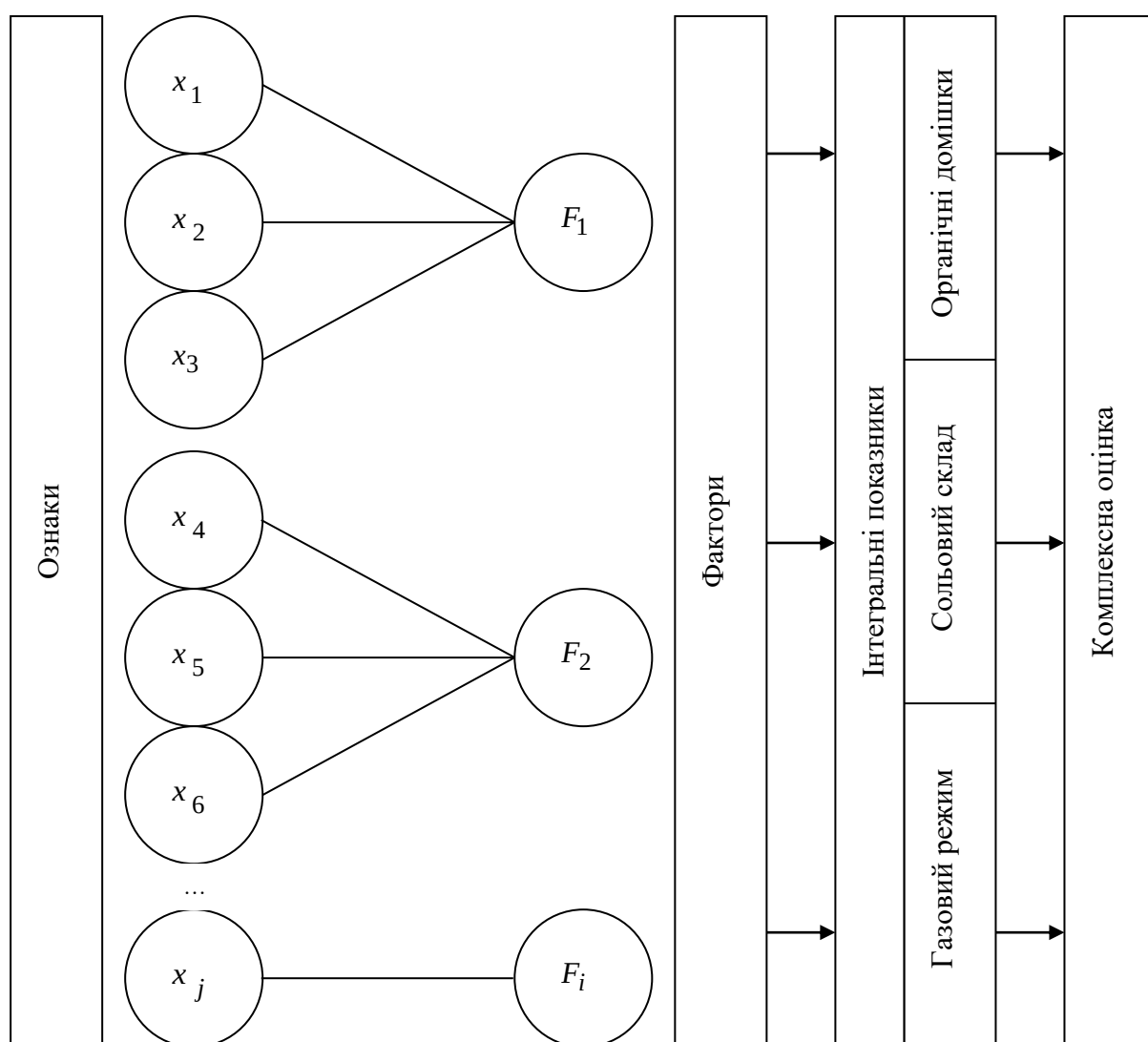


Рисунок 3.1 – Схема факторного аналізу

Задачею сучасного факторного аналізу є вираження показників-змінних x_j ($j=1, 2, \dots, N$), що характеризують якість води, через набір

факторів F_i ($i=1, 2, \dots, p$), одержаних з тих же показників x_j , причому $p \ll N$, тобто чисельність факторів буде значно меншою ніж кількість початкових змінних.

Основна модель факторного аналізу дозволяє представити дані спостережені у вигляді лінійних комбінацій факторів

$$x_j = \sum_{i=1}^p a_{ij} F_i + a_j v_j, (j=1, 2, \dots, N), \quad (3.1)$$

де F_i – загальні фактори;

a_{ij} – факторні навантаження;

a_j – коефіцієнти навантаження при характерних факторах;

v_j – характерні фактори.

Показник x_j лінійно залежить від p загальних факторів – $F_1, \dots, F_p$ і характерного фактора v_j . Характерний фактор v_j дозволяє врахувати специфіку показників якості води, а також виявити помилку в їх вимірюваннях. Параметри a_{ij} – факторні навантаження, які мають вигляд коефіцієнтів кореляції та вказують на тісноту зв'язків між факторами F_i та початковими показниками x_j .

З гідроекологічних позицій вираз (3.1) можна прокоментувати таким чином: **концентрація будь-якого показника якості води формується головним чином за рахунок дії будь-якого загального (головного) фактора та частково за рахунок характерних (другорядних) факторів.**

Також застосовується більш узагальнена модель факторного аналізу, яка має такий вигляд

$$x_j = \sum_{i=1}^p a_{ij} F_i + v_j, (j=1, m) \quad (3.2)$$

де x_j – центрована початкова змінна;

m – кількість змінних;

p – число факторів ($p \ll m$);

i – номер фактора;

a_{ij} – навантаження j -тої змінної на i -тий фактор або факторна вага;

F_i – некорельовані між собою фактори;

v_j – незалежні залишки.

Якщо у рівності (3.2) розгорнути суму, то набудемо систему рівнянь вигляду

$$\left\{ \begin{array}{l} x_1 = a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + ... + a_{1p}F_p + v_1 \\ x_2 = a_{21}F_1 + a_{22}F_2 + ... + a_{21p}F_p + v_2 \\ \\ x_j = a_{j1}F_1 + a_{j2}F_2 + ... + a_{jp}F_p + v_j \\ \\ x_m = a_{m1}F_1 + a_{m2}F_2 + ... + a_{mp}F_p + v_m \end{array} \right\} \quad (3.3)$$

де $j = 1, 2, \dots, m$.

Введемо такі позначення:

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_m \end{bmatrix}, \quad (3.4)$$

$$F = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \dots \\ F_p \end{bmatrix}, \quad (3.5)$$

$$V = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \dots \\ v_m \end{bmatrix}, \quad (3.6)$$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11}a_{12}...a_{1i} \\ a_{21}a_{22}...a_{2i} \\ \\ a_{m1}a_{m2}...a_{mi} \end{bmatrix}, \quad (3.7)$$

Всі вхідні величини x_j виражаються через однакові випадкові

величини $F_p (p=1, \bar{i})$, але з різними ваговими коефіцієнтами a_{ij} .

Матрична форма рівняння (3.2) має вигляд

$$X = AF + V, \quad (3.8)$$

де X – матриця центрованих вихідних величин;

A – матриця факторних навантажень;

F – матриця факторів;

V – матриця незалежних залишків.

Застосування процедури факторного аналізу з використанням ПК дозволяє одержати узагальнені фактори, які безпосередньо не вимірюються та містять основну інформацію про початкові показники якості води. Таким чином, кореляційна матриця за допомогою факторного аналізу перетворюється в матрицю факторних навантажень. Після розрахунку факторів виникає необхідність їх ранжування за значущістю. Фактор вважається тим важливішим, чим більше він варіює на сукупності всіх об'єктів. Оскільки характеристикою зміни випадкової величини є її динаміка, то чим більшою є дисперсія фактора, тим він є важливішим.

Пошук факторних навантажень та дисперсій залишків відбувається шляхом ітераційного процесу.

Сума квадратів навантажень по всіх виділених факторах може бути розрахована таким чином

$$h_j^2 = \sum_{i=1}^p a_{ij}^2. \quad (3.9)$$

Одержана величина визначає повноту відображення i -тої змінної в усіх факторах F_i .

Повний внесок S_p (у відсотках) фактора у сумарну дисперсію змінних визначається виразом

$$S_p = \frac{\sum_{j=1}^m a_{ij}^2}{m} \cdot 100\%, \quad (3.10)$$

де m – кількість розглядуваних змінних.

Загальний внесок всіх виділених факторів в сумарну дисперсію досліджуваних змінних дорівнює

$$S = \sum_{i=1}^p S_p. \quad (3.11)$$

Для підвищення результатів інтерпретації факторів необхідно одержати більшу контрастність в матриці факторних навантажень. Метод такого підвищення результату носить назву метода обертання факторів. Якщо розпочати обертати координатні осі, що утворюють фактори, то хоча ці фактори не будуть упорядкованими за величиною пояснюваної ними дисперсії, однак з'явиться можливість одержати більш контрастні факторні навантаження. Для досягнення цієї мети найчастіше застосовується метод ортогонального обертання має назву VARIMAX, або варімакс (варімаксне обертання). Цей метод полягає в максимізації дисперсії квадратів факторних навантажень для кожного фактора, що призводить до збільшення великих та зменшення маленьких значень факторних навантажень:

$$\sum_i \left[\sum_j a_{ij}^4 / m - \left[\sum_j a_{ij}^2 / m \right]^2 \right] \rightarrow \max. \quad (3.12)$$

В результаті одержується більш проста структура для кожного фактору окремо, тобто чим сильніше розійдуться квадрати факторних навантажень до кінців координатних осей, тим більшим буде значення цільової функції обертання, тим чіткішою буде інтерпретація факторів.

Виконавши всі процедури факторного аналізу стосовно початкового масиву даних можна здійснити «стиснення» цього масиву, спираючись на результати аналізу та експертні оцінки імовірнісних процесів, які можуть бути ідентифіковані за розрахунковими факторами. Ця процедура виконується таким чином:

1. Спочатку виділяються головні фактори формування якості води (критерії – загальна дисперсія факторів за аналізованими показниками).
2. Аналіз структури виявлених факторів.
3. Для кожного фактора виділяються ті показники, що входять до структури кореляційних зв'язків цього фактора і мають найбільше факторне навантаження (достатньо 2-3 показника);
4. Складаються ієрархічні списки пріоритетних показників кожної структурної (факторної) групи показників.

В результаті проведених процедур початковий масив даних зменшує свою розмірність у геометричній прогресії. Далі можна переходити безпосередньо до виділення головних факторів формування якості води.

3.2. Основні положення регресійного аналізу

Модель лінійної парної регресії описує зв'язок генеральних сукупностей залежних випадкових величин X і Y . Задача користувача полягає в тому, щоб за обмеженими даними спостережень (вибірками), зробити висновки про характер зв'язку в цілому. У загальному випадку рівняння лінійної парної регресії є рівнянням умовного математичного сподівання випадкової величини Y , залежної від випадкової величини X :

$$m_{y/x} = m_y + r_{xy} \frac{\sigma_y}{\sigma_x} (x - m_x), \quad (3.13)$$

або рівняння умовного математичного сподівання випадкової величини X , залежної від Y :

$$m_{x/y} = m_x + r_{xy} \frac{\sigma_x}{\sigma_y} (y - m_y), \quad (3.14)$$

де $m_{y/x}$, $m_{x/y}$ – умовні математичні сподівання Y по X та X по Y відповідно;

r_{xy} – коефіцієнт кореляції;

σ_y , σ_x – середні квадратичні відхилення випадкових величин Y та X відповідно;

m_y , m_x – безумовні математичні сподівання випадкових величин Y та X відповідно.

Для вибірок (рядів спостережень) рівняння (3.13) представляється у вигляді

$$\tilde{y}_i = \tilde{y}(x_i) = \hat{m}_{y/x} = ax_i + b, \quad (3.15)$$

де x_i – дискретні значення випадкової величини X ;

y_i – дискретні значення випадкової величини Y ;

$\tilde{y}_i$ – значення випадкової величини Y , розраховані за рівнянням регресії;

a , b – параметри рівняння.

Оцінки параметрів, які входять в рівняння лінійної парної регресії, розраховуються на основі методу найменших квадратів. Це метод обробки емпіричного матеріалу, основна вимога якого полягає в тому, щоб сума квадратів відхилень даних спостережень від лінії регресії була найменшою, тобто

$$\Delta = \sum_{i=1}^n [y_i - \tilde{y}(x_i)]^2 = \min, \quad (3.16)$$

де n – довжина вибірки.

Відповідно до методу найменших квадратів a та b повинні бути такими, щоб сума Δ досягала свого мінімуму. Вимога екстремуму означає, що частинні похідні від Δ , узяті по a та b , дорівнюють нулю

$$\frac{\partial \Delta(a,b)}{\partial a} = \frac{\partial [(\sum_{i=1}^n y_i - ax_i - b)^2]}{\partial a} = 0; \quad (3.17)$$

$$\frac{\partial \Delta(a,b)}{\partial b} = \frac{\partial [(\sum_{i=1}^n y_i - ax_i - b)^2]}{\partial b} = 0; \quad (3.18)$$

Розв'язуючи рівняння (3.17) та (3.18) відносно a та b , одержуємо

$$a = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2}, \quad (3.19)$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x}, \quad (3.20)$$

де $\bar{y}$, $\bar{x}$ – середні арифметичні значення.

Чисельник дробу, який знаходиться в правій частині рівняння (3.19), є оцінкою коваріації (коваріаційного моменту) $\hat{K}_{xy}$, розрахованого за дискретною вибіркою завдовжки n

$$\hat{K}_{xy} = \text{cov}(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}), \quad (3.21)$$

а знаменник – оцінкою дисперсії випадкової величини X

$$\sigma_x^2 = S_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \overline{x^2} - \bar{x}^2, \quad (3.22)$$

де S_x – оцінка середнього квадратичного відхилення σ_x випадкової величини X .

Оцінка коефіцієнта кореляції, який відображає тісноту лінійного зв'язку між рядами спостережень, які представляють собою спостережені сукупності випадкових величин Y та X , записується у вигляді

$$\hat{r}_{xy} = r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 (y_i - \bar{y})^2}}. \quad (3.23)$$

Оцінка параметра a рівняння лінійної парної регресії виражається через коефіцієнт кореляції і середнє квадратичне відхилення випадкових величин Y та X , розрахованих за даними спостережень і позначених як S_y та S_x

$$a = r \frac{S_y}{S_x}. \quad (3.24)$$

Математична модель множинної лінійної регресії представляється рівнянням вигляду

$$\tilde{y}_i - \bar{y} = b_1(x_{1i} - \bar{x}_1) + b_2(x_{2i} - \bar{x}_2) + b_3(x_{3i} - \bar{x}_3) + \dots + b_k(x_{ki} - \bar{x}_k), \quad (3.25)$$

де $\tilde{y}_i - \bar{y}$ – центровані значення залежної величини (предиктанта);

$x_{ki} - \bar{x}_k$ – центровані значення k -того аргументу (предиктора);

$b_1, b_2, b_3, \dots, b_k$ – коефіцієнти рівняння множинної лінійної регресії;

k – число предикторів.

Ідентифікація структури і параметрів рівняння множинної лінійної регресії виконується, виходячи з принципу найменших квадратів, як і для випадку парної лінійної регресії. Результуючі формули для розрахунку коефіцієнтів рівняння множинної лінійної регресії за даними спостережень мають вигляд

$$b_j = \frac{\sigma}{\sigma_j} \frac{D_{0j}}{D_{00}}, \quad (3.26)$$

де σ – оцінка середнього квадратичного відхилення досліджуваної характеристики y ;

σ_j – оцінка середнього квадратичного відхилення j -того предиктора;

D_{0j} – мінор визначника розширеної матриці коефіцієнтів кореляції, у якого викреслений перший рядок і стовпець, який відповідає змінній j , вказаній в мінорі;

D_{00} – мінор визначника розширеної матриці коефіцієнтів кореляції, у якого викреслений перший рядок і перший стовпець.

Елементами початкового визначника є коефіцієнти парної кореляції між предикторами r_{ij} коефіцієнти парної кореляції r_{0j} між предиктантом і предикторами. При цьому визначник розширеної матриці кореляцій другого порядку записується у вигляді

$$D = \begin{vmatrix} 1 & r_{01} & r_{02} \\ r_{10} & 1 & r_{12} \\ r_{20} & r_{21} & 1 \end{vmatrix}, \quad (3.27)$$

а мінори цього визначника записуються таким чином

$$D_{00} = \begin{vmatrix} 1 & r_{12} \\ r_{21} & 1 \end{vmatrix}, \quad (3.28)$$

$$D_{01} = \begin{vmatrix} r_{10} & r_{12} \\ r_{20} & r_{11} \end{vmatrix}, \quad (3.29)$$

$$D_{02} = \begin{vmatrix} r_{10} & 1 \\ r_{20} & r_{21} \end{vmatrix}, \quad (3.30)$$

У записах вигляду (3.27)-(3.30) r_{0j} – коефіцієнт кореляції між предиктантом (0) та предиктором (j).

Рівняння лінійної множинної регресії для двох предикторів буде мати вигляд

$$\tilde{y}_i - \bar{y} = b_1(x_{1i} - \bar{x}_1) + b_2(x_{2i} - \bar{x}_2), \quad (3.31)$$

де

$$b_1 = \frac{\sigma}{\sigma_1} \frac{D_{01}}{D_{00}}, \quad (3.32)$$

$$b_2 = \frac{\sigma}{\sigma_2} \frac{D_{02}}{D_{00}}, \quad (3.33)$$

Рівняння (3.31) може бути записано і таким чином

$$\tilde{y}_i = b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} + b_0, \quad (3.34)$$

де

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x}_1 - b_2 \bar{x}_2, \quad (3.35)$$

причому $\bar{y}$ – середнє арифметичне значення предиктанта;

$\bar{x}_1, \bar{x}_2$ – середні арифметичні значення предикторів X_1 та X_2

Середнє квадратичне відхилення $\sigma_{\tilde{y}}$ спостережених даних від обчислених за рівнянням множинної лінійної регресії може бути визначено за наступною залежністю

$$\sigma_{\tilde{y}} = \sigma \sqrt{1 - R^2}, \quad (3.36)$$

де R – коефіцієнт множинної лінійної кореляції, який обчислюється за рівнянням

$$R = \sqrt{1 - \frac{D}{D_{00}}}, \quad (3.37)$$

причому D – визначник розширеної матриці коефіцієнтів кореляції.

Якщо парні коефіцієнти кореляції, які характеризують лінійний зв'язок між двома залежними випадковими величинами, змінюються від -1 до 1, то повний коефіцієнт кореляції рівняння множинної регресії змінюється від 0 до 1.

Лінійна залежність відсутня при $r = 0$ і $R = 0$. У разі функціональної залежності $R = 1$. Чим більше коефіцієнт множинної кореляції, тим більшою мірою адекватності характеризується модель множинної регресії. Оцінити міру адекватності можна і іншим шляхом, наприклад, шляхом перевірки статистичної гіпотези про те, що залишкова дисперсія (дисперсія вхідних даних, яка не описується рівнянням регресії) незначущо відрізняється від дисперсії предиктанта. Якщо така гіпотеза приймається, то прогноз (розрахунок) по моделі не відрізняється від випадкового.

3.3. Оцінка адекватності регресійної моделі за складовими дисперсії випадкової величини

За вибілковими даними повна або загальна дисперсія змінної Y може бути розрахована за формулою

$$\sigma_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}. \quad (3.38)$$

В основі формули (3.38) лежить відхилення спостереженої величини y_i від середнього арифметичного значення.

Запишемо $y_i - \bar{y}$ у вигляді складових

$$y_i - \bar{y} = (y_i - \tilde{y}_i) + (\tilde{y}_i - \bar{y}), \text{ або } y_i - \bar{y} = (\tilde{y}_i - \bar{y}) + (y_i - \tilde{y}_i). \quad (3.39)$$

Тобто відхилення $(y_i - \bar{y})$ складається з відхилення значень $\tilde{y}_i$, обчислених за регресійним рівнянням, від середнього $\bar{y}$ та з відхилення розрахованих значень $\tilde{y}_i$, від спостережених y_i .

Обидві частини рівняння піднесемо до квадрата

$$(y_i - \bar{y})^2 = [(\tilde{y}_i - \bar{y}) + (y_i - \tilde{y}_i)]^2, \quad (3.40)$$

Після підсумовування відхилень $(y_i - \bar{y})$ отримаємо

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n (\tilde{y}_i - \bar{y})^2 + 2 \sum_{i=1}^n (\tilde{y}_i - \bar{y})(y_i - \tilde{y}_i) + \sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2, \quad (3.41)$$

Складова $2 \sum_{i=1}^n (\tilde{y}_i - \bar{y})(y_i - \tilde{y}_i)$ дорівнює нулю у випадку, коли $(\tilde{y}_i - \bar{y})(y_i - \tilde{y}_i)$ некорельовані, що справедливо для нормально розподілених величин.

Отже, можна записати, що

$$\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^n (\tilde{y}_i - \bar{y})^2}{n-1} + \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2}{n-1}, \quad (3.42)$$

Рівняння (3.42) представляє собою суму дисперсій

$$\sigma_y^2 = \sigma_p^2 + \sigma_{зал}^2. \quad (3.43)$$

Величина σ_p^2 має назву поясненої дисперсії, оскільки вона показує, яка частина загальної дисперсії обумовлена залежністю Y від X .

Величина $\sigma_{зал}^2$ показує ту частину дисперсії величини Y , яка не описується залежністю Y від X і має назву залишкової.

Величина $(y_i - \tilde{y}_i)$ характеризує розсіювання точок, які відповідають даним спостережень, від значень, розрахованих за рівнянням лінійної регресії.

Якщо як розрахункова модель розглядається рівняння лінійної парної регресії, то гіпотеза про адекватність обраної моделі перевіряється за критерієм Фішера, який формується таким чином

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 / n - 1}{\sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2 / n - 1} = \frac{\sigma_y^2}{\sigma_{зал}^2}. \quad (3.44)$$

Гіпотеза H_0 про те, що залишкова дисперсія незначуще відрізняється від загальної дисперсії, не відхиляється, коли

$$F < F_{кр}(\alpha, v_1, v_2), \quad (3.45)$$

де $v_1 = n - 1$; $v_2 = n - 2$; α – заданий рівень значущості.

Коли ж мова йде про множинну регресію, то *залишкова дисперсія* – це та частина дисперсії вихідної величини Y , яка не описується залежністю предиктанта Y від предикторів $X_1, X_2, \dots, X_k$. За аналогією з (3.44) перевірка гіпотези про адекватність моделі множинної лінійної регресії даним спостережень здійснюється за критерієм Фішера, який визначається за формулою

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 / n - 1}{\sum_{i=1}^{n-k} (y_i - \tilde{y}_i)^2 / n - k - 1}. \quad (3.46)$$

де n – об'єм вибірок;

k – кількість предикторів;

$y_i, \tilde{y}_i$ – фактичні і розрахункові величини.

Нульова гіпотеза не відкидається, коли $F < F_{кр}(\alpha, v_1, v_2)$, де $v_1 = n - 1$; $v_2 = n - k - 1$; α – заданий рівень значущості

Певну проблему при побудові моделі множинної лінійної регресії складає вибір оптимальних предикторів, які відображають вплив основних досліджуваних чинників.

Збільшення числа предикторів далеко не завжди приводить до кращих результатів, оскільки при збільшенні числа предикторів збільшується порядок матриці кореляції. Більш того, серед потенційних предикторів існує багато таких, які тісно пов'язані між собою, в зв'язку з чим матриця кореляції може бути погано обумовленою.

Зазвичай це призводить до значних помилок при оцінках коефіцієнтів регресії і, отже, до погіршення якості розрахункової моделі. Щоб уникнути проблем такого роду, з числа потенційних предикторів вибирають ті, які є статистично значущими.

Вибір оптимальних предикторів називають операцією «просіювання».

Просіювання може відбуватися за допомогою частинних коефіцієнтів кореляції.

3.4. Визначення частинних коефіцієнтів кореляції

Наведемо визначення частинного коефіцієнта кореляції й розглянемо алгоритм його оцінки. Припустимо, що на випадкову величину Y впливають дві випадкові величини X_1 та X_2 . *Частинним коефіцієнтом*

кореляції між випадковими величинами Y та X_1 ($r_{yx_1 \cdot x_2}$) називають коефіцієнт кореляції між ними при умові, що вплив другої випадкової величини X_2 на Y вже є врахованим. Таким же чином визначається частинний коефіцієнт кореляції $r_{yx_2 \cdot x_1}$

Будемо вважати, що нам відома матриця кореляцій

$$R_x = \begin{vmatrix} 1 & r_{x_2} \\ r_{x_2 x_1} & 1 \end{vmatrix}, \quad (3.47)$$

і вектор парних кореляцій між Y і X_1 та Y і X_2

$$R_{yx} = \begin{vmatrix} r_{yx_1} \\ r_{yx_2} \end{vmatrix}. \quad (3.48)$$

На їх основі сформуємо розширену матрицю кореляцій

$$\tilde{R} = \begin{vmatrix} 1 & r_{yx_1} & r_{yx_2} \\ r_{yx_1} & 1 & r_{x_1 x_2} \\ r_{yx_2} & r_{x_1 x_2} & 1 \end{vmatrix}. \quad (3.49)$$

Як очевидно, вона утворюється з матриці R_x шляхом додавання до неї рядка та стовпця, що складаються з координат вектора R_{yx} . На основі матриці (3.49) розрахуємо мінори $|R_x|$, D_{yx_i} , $\overline{D_{yx_i}}$ ($i=1,2$). Мінори D_{yx_i} складаються таким чином: стовпець, на першому місці котрого розташовується парний коефіцієнт кореляції r_{yx_i} , переставляється на перше місце, а на його місце становиться перший стовпець і, після цього, викреслюються перші рядок і стовпець. Очевидно:

$$D_{yx_1} = r_{yx_1} - r_{yx_2} r_{x_1 x_2}, \quad (3.50)$$

$$D_{yx_2} = r_{yx_2} - r_{yx_1} r_{x_1 x_2}, \quad (3.51)$$

Означення мінора $\overline{D_{yx_i}}$ має такий сенс: це мінор визначника $|\tilde{R}|$, який не утримує парної кореляції r_{yx_i} . Очевидно ми його будемо мати,

якщо викреслимо із мінора $|\tilde{R}|$ рядок і стовпець, що утримують парну кореляцію r_{yx_1} . Отже

$$D_{yx_1} = \begin{vmatrix} 1 & r_{yx_2} \\ r_{yx_2} & 1 \end{vmatrix} = 1 - r_{yx_2}^2, \quad (3.52)$$

$$D_{yx_2} = \begin{vmatrix} 1 & r_{yx_1} \\ r_{yx_1} & 1 \end{vmatrix} = 1 - r_{yx_1}^2. \quad (3.53)$$

Частинні коефіцієнти кореляції визначаються таким чином:

$$r_{yx_1 \cdot x_2} = \frac{D_{yx_1}}{\sqrt{|R_x| D_{yx_1}}} = \frac{r_{yx_1} - r_{yx_2} r_{x_1 x_2}}{\sqrt{(1 - r_{x_1 x_2}^2)(1 - r_{yx_2}^2)}}, \quad (3.54)$$

$$r_{yx_2 \cdot x_1} = \frac{D_{yx_2}}{\sqrt{|R_x| D_{yx_2}}} = \frac{r_{yx_2} - r_{yx_1} r_{x_1 x_2}}{\sqrt{(1 - r_{x_1 x_2}^2)(1 - r_{yx_1}^2)}}, \quad (3.55)$$

Виникає питання, яка суттєва інформація утримується в частинних коефіцієнтах кореляції? Щоб відповісти на нього, розглянемо такий приклад.

Нехай коефіцієнти парної кореляції між випадковими величинами мають значення: $r_{yx_1} = 0,72$, $r_{yx_2} = 0,91$, $r_{x_1 x_2} = 0,84$. Що можна сказати про ці випадкові величини? Звісно те, що випадкова величина Y характеризується дуже тісними кореляційними зв'язками і з величиною X_1 , і з величиною X_2 . Але треба звернути увагу на те, що дві останні випадкові величини теж зв'язані дуже тісним кореляційним зв'язком між собою.

Отже, щоб визначити, яка з величин X дійсно впливає на величину Y , необхідно розрахувати частинні коефіцієнти кореляції за допомогою формул (3.54) і (3.55).

Розрахунки дають такі їхні значення: $r_{yx_1 \cdot x_2} = -0,05$, $r_{yx_2 \cdot x_1} = 0,75$. Таким чином ясно, що в дійсності на випадкову величину Y впливає випадкова величина X_2 .

Кореляційний зв'язок Y з величиною X_1 , якщо врахувати її зв'язок з величиною X_2 , є не тільки незначним, але навіть має обернений характер.

Поширюючи отриманий алгоритм розрахунків частинних коефіцієнтів кореляції на n змінних, треба побудувати розширену матрицю

$$\tilde{R} = \begin{vmatrix} 1 & r_{yx_1} & r_{yx_2} & r_{yx_3} & \dots & r_{yx_k} & \dots & r_{yx_n} \\ r_{yx_1} & 1 & r_{x_1x_2} & r_{x_1x_3} & \dots & r_{x_1x_k} & \dots & r_{x_1x_n} \\ r_{yx_2} & r_{x_2x_1} & 1 & r_{x_2x_3} & \dots & r_{x_2x_k} & \dots & r_{x_2x_n} \\ r_{yx_3} & r_{x_3x_1} & r_{x_3x_2} & 1 & \dots & r_{x_3x_k} & \dots & r_{x_3x_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{yx_k} & r_{x_kx_1} & r_{x_kx_2} & r_{x_kx_3} & \dots & 1 & \dots & r_{x_kx_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{yx_n} & r_{x_nx_1} & r_{x_nx_2} & r_{x_nx_3} & \dots & r_{x_nx_k} & \dots & 1 \end{vmatrix}, \quad (3.56)$$

і на її основі визначити мінори $|R_X|$, D_{yx_k} , $\overline{D_{yx_k}}$ ($k=1,2,\dots,n$).

$$r_{yx_k \cdot x_1, x_2, \dots, x_{k-1}, x_{k+1}, \dots, x_n} = \frac{D_{yx_k}}{\sqrt{|R_X| \overline{D_{yx_k}}}}, \quad (3.57)$$

Де D_{yx_k} – мінор розширеної матриці R_{yx} , який складається таким чином: стовпець, на першому місці в якому розташовується кореляційний коефіцієнт r_{yx_k} , переставляється на перше місце, а на його місце ставиться перший стовпець, після чого викреслюється перший рядок і перший стовпець з матриці кореляцій;

$\overline{D_{yx_k}}$ – мінор розширеної матриці R_{yx} , з якої викреслюється рядок і стовпець, що містять парний коефіцієнт кореляції r_{yx_k} , іншими словами, виключається парна кореляція r_{yx_k} ;

$|R_X|$ – визначник матриці, що містить тільки коефіцієнти кореляцій між предикторами.

Вибір оптимальних предикторів виконується за наступною схемою.

1. З числа предикторів вибирається той, який має найтісніший зв'язок з предиктантом і йому привласнюється номер 1.
2. Розраховується матриця частинних коефіцієнтів кореляції, за умови, що вплив першого предиктора вже враховано.
3. З числа частинних коефіцієнтів кореляції, які характеризують зв'язок між предиктантом і предикторами за умови, що вплив першого предиктора вже враховано, вибирається найбільший за абсолютною

величиною (номер 2) і знов розраховується матриця частинних коефіцієнтів кореляції, але вже з урахуванням впливу перших двох предикторів.

Процедура повторюється до тих пір, поки на деякому $k + 1$ етапі всі частинні коефіцієнти кореляції не втрачають статистичну значущість.

Гіпотеза про статистичну незначущість параметра перевіряється за допомогою критерію Стюдента. Вона не спростовується, якщо $t < t_{кр}(\alpha, v)$, де $v = m - k$.

Завдання до практичної роботи № 3

Вихідні дані. Матриця вихідних показників (база даних гідрологічних, гідрографічних та фізико-географічних характеристик), складена для 5 басейнів річок України (додаток, табл. 3-7).

Необхідно виконати: ідентифікацію головних факторів формування водного режиму річок та побудувати модель множинної лінійної регресії для визначення багатфакторної залежності середньобаторічного модуля річкового стоку від основних характеристик річкового басейну за відповідними варіантами, наведеними в додатку, табл. 3-7:

1. Середнє багаторічне значення модуля стоку ($\bar{q}$, л/с·км²).
2. Середнє багаторічне значення сум опадів ($\bar{X}$, мм).
3. Довжина річки від витoku (L , км).
4. Площа водозбору (F , км²).
5. Середня висота водозбору ($H_{сер}$, м).
6. Ухил водозбору ($I_{вод}$, ‰).
7. Середній ухил водотоку (I_p , ‰).
8. Залісеність водозбору (f_l , %).
9. Заболоченість водозбору (f_b , %).
10. Озерність водозбору (f_o , %).
11. Розораність водозбору (f_p , %).

Завдання 1. Розрахувати таблицю факторних навантажень досліджуваних показників та побудувати графік розподілу факторних навантажень.

Завдання 2. Визначити значущість кожного фактора, що характеризує внесок певного фактора у формування загальної дисперсії всіх показників, включених до факторного аналізу.

Завдання 3. Побудувати модель множинної покрокової регресії (методом «крок вперед») для визначення середньобаторічного модуля

річкового стоку.

Завдання 4. Оцінити якість побудованої моделі, визначивши кореляційні оцінки всіх змінних та побудувавши графік оцінки нормальності розподілу залишків регресійної моделі.

Завдання 5. Скласти пояснювальну записку.

Контрольні питання

1. Що називається факторним аналізом, його основна мета?
2. Охарактеризуйте сутність факторних навантажень?
3. Що називається регресійним аналізом? В чому полягає відмінність між парною регресією та множинною?
4. Яким чином оцінюється адекватність регресійної моделі?
5. Яким є фізичний сенс частинних коефіцієнтів кореляції?
6. Які методи вибору оптимальних предикторів Ви знаєте?

ДОДАТОК

Таблиця 1 – Значення χ^2 для різних чисел ступенів вільності ν та рівня значущості q

ν	$q, \%$			ν	$q, \%$		
	5	1	0,1		5	1	0,1
1	2	3	4	1	2	3	4
1	3,84	6,64	10,83	51	68,67	77,39	87,97
2	5,99	9,21	13,82	52	69,83	78,62	89,27
3	7,82	11,34	16,27	53	70,99	79,84	90,57
4	9,49	13,28	18,47	54	72,15	81,07	91,87
5	11,07	15,09	20,52	55	73,31	82,29	93,17
6	12,59	16,81	22,46	56	74,47	83,51	94,46
7	14,07	18,48	24,32	57	75,62	84,73	95,75
8	15,51	20,09	26,12	58	76,78	85,95	97,04
9	16,92	21,67	27,88	59	77,93	87,17	98,32
10	18,31	23,21	29,59	60	79,08	88,38	99,61
11	19,68	24,72	31,26	61	80,23	89,59	100,89
12	21,03	26,22	32,91	62	81,38	90,80	102,17
13	22,36	27,69	34,53	63	82,53	92,01	103,44
14	23,68	29,14	36,12	64	83,68	93,22	104,72
15	25,00	30,58	37,70	65	84,82	94,42	105,99
16	26,30	32,00	39,25	66	85,97	95,63	107,26
17	27,59	33,41	40,79	67	87,11	96,83	108,53
18	28,87	34,80	42,31	68	88,25	98,03	109,79
19	30,14	36,19	43,82	69	89,39	99,23	111,06
20	31,41	37,57	45,32	70	90,53	100,40	112,32
21	32,67	38,93	46,80	71	91,67	101,60	113,58
22	33,92	40,29	48,27	72	92,81	102,80	114,84
23	35,17	41,64	49,73	73	93,94	104,00	116,09
24	36,42	42,98	51,18	74	95,08	105,20	117,35
25	37,65	44,31	52,62	75	96,22	106,40	118,60
26	38,88	45,64	54,05	76	97,35	107,58	119,85
27	40,11	46,96	55,48	77	98,48	108,77	121,10
28	41,34	48,28	56,89	78	99,62	109,96	122,35
29	42,56	49,59	58,30	79	100,75	111,14	123,59
30	43,77	50,89	59,70	80	101,88	112,33	124,84
31	44,93	52,19	61,10	81	103,01	113,51	126,08
32	46,19	53,49	62,49	82	104,14	114,70	127,32
33	47,40	54,78	63,87	83	105,27	115,88	128,56
34	48,60	56,06	65,25	84	106,40	117,06	129,80
35	49,80	57,34	66,62	85	107,52	118,24	131,04

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
36	51,00	58,62	67,98	86	108,65	119,41	132,28
37	52,19	59,89	69,35	87	109,77	120,59	133,51
38	53,38	61,18	70,70	88	110,90	121,77	134,74
39	54,57	62,43	72,06	89	112,02	122,94	135,98
40	55,76	63,69	73,40	90	113,14	124,12	137,21
41	56,94	64,95	74,74	91	114,27	125,29	138,44
42	58,12	66,21	76,08	92	115,39	126,46	139,67
43	59,30	67,46	77,42	93	116,51	127,63	140,89
44	60,48	68,71	78,75	94	117,63	128,80	142,12
45	61,66	69,96	80,08	95	118,75	129,97	143,34
46	62,83	71,20	81,40	96	119,87	131,14	144,57
47	64,00	72,44	82,72	97	120,99	132,31	145,79
48	65,17	73,68	84,04	98	122,11	133,48	147,01
49	66,34	74,92	85,35	99	123,22	134,64	148,23
50	67,51	76,15	86,66	100	124,34	135,81	149,45

Таблиця 2 – Матриця вихідних ознак районування

ОТО _i	Ознаки						
	1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8
ОТО ₁	170	2840	26	125	+23	430	15
ОТО ₂	175	2850	25	125	+23	460	20
ОТО ₃	170	2860	25	125	+22	440	20
ОТО ₄	175	2910	25	125	+21	450	20
ОТО ₅	175	2900	26	130	+21	420	15
ОТО ₆	175	2900	26	130	+22	420	15
ОТО ₇	180	2990	25	130	+20	450	20
ОТО ₈	180	3040	26	130	+20	420	15
ОТО ₉	180	3030	27	130	+21	390	15
ОТО ₁₀	180	3040	27	130	+22	400	10
ОТО ₁₁	185	3140	26	135	+20	430	15
ОТО ₁₂	185	3160	28	135	+22	380	10
ОТО ₁₃	190	3190	27	135	+20	380	15
ОТО ₁₄	185	3170	27	135	+21	360	10
ОТО ₁₅	195	3250	27	140	+20	390	10
ОТО ₁₆	195	3250	27	135	+20	350	10
ОТО ₁₇	190	3240	28	140	+21	350	10
ОТО ₁₈	205	3340	26	140	+18	370	10
ОТО ₁₉	195	3350	27	140	+19	440	10
ОТО ₂₀	200	3400	27	140	+18	400	10
ОТО ₂₁	210	3440	27	140	+18	370	10
ОТО ₂₂	200	3410	27	140	+18	400	10
ОТО ₂₃	210	3500	27	145	+18	370	5
ОТО ₂₄	205	3490	27	145	+18	430	5
ОТО ₂₅	210	3550	27	150	+18	400	5
ОТО ₂₆	210	3590	27	150	+17	380	5
ОТО ₂₇	210	3600	27	150	+17	370	5

Таблиця 3 – Вихідні дані для річок водозбору р. Тиса (варіант 1)

№ п/п	Річка – пост	$\bar{q}$, л/с·км ²	$\bar{X}$, мм	L , км	F , км ²	$H_{сер}$, м	$I_{вод}$, ‰	I_p , ‰	f_l , %	f_b , %	f_o , %	f_p , %
1	р. Тиса – м. Рахів	22,7	1221	4,0	1070	1100	-	15,3	68	0	1	5
2	р. Тиса – смт Вилок	22,9	746	158	9140	-	-	5,40	55	1	1	-
3	р. Тиса – с. Ділове	27,1	1141	21	1190	1000	-	12,7	69	0	1	5
4	р. Чорна Тиса – сmt Ясіня	23,7	977	22	194	1000	283	27,1	75	0	1	5
5	р. Біла Тиса – с. Луги	25,6	1153	11	189	1200	344	42,7	77	0	1	5
6	р. Красна – с. Красне	36,9	1047	14	50,7	880	452	70,7	89	0	0	0
7	р. Тересва – смт Усть- Чорна	29,4	1548	2,0	572	1100	374	20,0	77	0	0	5
8	р. Ріка – с. Верхній Бистрий	25,6	1418	15	165	920	333	40,0	64	0	0	5
9	р. Голятинка – сmt Майдан	24,8	1269	18	86,0	790	316	23,4	40	0	0	5
10	р. Іршава – сmt Іршава	22,5	988	34	230	500	171	24,7	59	0	0	25
11	р. Студений – с. Нижній Студений	24,4	1066	7,5	25,4	800	400	31,6	18	0	0	5
12	р. Боржава – с. Довге	25,7	1181	37	408	620	326	35,9	71	0	0	10

Таблиця 4 – Вихідні дані для річок водозбору р. Прут (варіант 2)

№ п/п	Річка – пост	$\bar{q}$, л/с·км ²	$\bar{X}$, мм	L , км	F , км ²	$H_{сер}$, м	$I_{вод}$, ‰	I_p , ‰	f_l , %	f_b , %	f_o , %	f_p , %
1	р. Прут – м. Яремче	19,4	961	54	597	990	281	21,8	87	0	0	5
2	р. Прут – м. Чернівці	10,8	735	196	6890	450	-	7,80	42	1	1	-
3	р. Прут – с. Кременці	17,6	1038	36	366	1000	285	27,5	85	0	0	5
4	р. Кам'янка – с. Дора	16,6	875	6,2	18,1	870	446	111	76	0	0	5
5	р. Черемош – с. Устеріки	17,3	780	1,0	1500	1100	-	9,80	51	0	1	5
6	р. Білий Черемош – с. Яблуниця	15,3	809	37	552	1200	334	19,0	56	0	1	5
7	р. Чорний Черемош – сmt Верховина	21,6	795	68	657	1200	321	16,7	57	0	1	5
8	р. Ільця – с. Ільці	18,8	906	13	86,1	1100	303	40,2	52	0	0	5
9	р. Путила – сmt Путила	12,3	-	23	181	960	325	24,2	50	0	0	5

Таблиця 5 – Вихідні дані для річок водозбору р. Дністер (варіант 3)

№ п/п	Річка – пост	$\bar{q}$, л/с·км ²	$\bar{X}$, мм	L , км	F , км ²	$H_{\text{сер}}$, м	$I_{\text{вод}}$, ‰	I_p , ‰	f_l , %	f_6 , %	f_0 , %	f_p , %
1	р. Дністер – с. Стрілки	13,8	872	35	384	620	180	10,1	40	0	0	5
2	р. Дністер – м. Самбір	10,8	77	74	850	570	171	6,50	51	0	0	30
3	р. Стрв'яз – с. Луки	9,47	744	88	910	400	85	4,00	23	10	1	55
4	р. Верещиця – м. Комарно	4,53	689	75	812	310	25	1,10	23	9	1	50
5	р. Щерек – с. Щирець	4,82	637	27	307	300	27	2,20	12	6	1	50
6	р. Свіж – сміт Букачівці	4,80	740	66	465	310	84	1,70	20	5	1	35
7	р. Гнила Липа – сміт Більшівці	4,74	733	77	848	320	88	1,50	21	4	1	50
8	р. Золота Липа – м. Задарів	5,43	694	114	1390	360	-	1,40	27	1	1	45
9	р. Коропець – сміт Коропець	4,71	671	75	476	370	49	2,40	21	4	1	50
10	р. Бистриця – с. Ямниця	11,8	791	5,0	2450	890	-	10,8	40	1	1	30
11	р. Стрий – с. Верхнє Синьовидне	16,4	855	154	2400	760	-	4,70	48	0	1	25
12	р. Свіча – с. Зарічне	17,0	862	81	1280	730	-	10,2	64	<1	1	10
13	р. Лімниця – с. Перевозець	15,2	809	106	1490	760	-	10,6	55	2	0	30
14	р. Луква – с. Боднарів	12,1	796	49	185	480	46	8,40	62	0	0	10
15	р. Бистриця Солотвинська – с. Гута	24,2	1057	17	112	1100	330	44,6	92	0	0	5
16	р. Бистриця Надвірнянська – с. Пасічна	20,2	1003	34	482	1000	336	19,5	72	0	0	5

Таблиця 6 – Вихідні дані для річок водозбору р. Південний Буг (варіант 4)

№ п/п	Річка – пост	$\bar{q}$, л/с·км ²	$\bar{X}$, мм	L , км	F , км ²	$H_{\text{сер}}$, м	$I_{\text{вод}}$, ‰	I_p , ‰	$f_{\text{л}}$, %	$f_{\text{б}}$, %	$f_{\text{о}}$, %	f_p , %
1	р. Південний Буг – с. Тростянчик	2,81	587	436	17400	310	-	0,30	11	4	1	-
2	р. Південний Буг – м. Первомайськ	1,84	540	612	44000	290	-	0,40	10	2	1	-
3	р. Південний Буг – сmt Олександрівка	1,85	499	674	46200	270	-	0,50	9	2	1	-
4	р. Іква – сmt Стара Синява	4,28	664	45	439	310	76	1,20	5	4	1	70
5	р. Соб – с. Зозів	3,03	642	13	92,5	290	36	3,20	3	0	2	75
6	р. Синюха – с. Синюхін Брід	1,62	539	99	16700	190	-	0,70	5	1	1	-
7	р. Мертвовід – с. Крива Пустош	1,43	477	26	252	190	27	4,80	2	1	1	70
8	р. Інгул – с. Новогорожене	1,27	487	236	6670	150	-	0,60	1	1	1	-
9	р. Інгул – м. Кіровоград	1,52	561	38	840	170	41	1,00	2	1	1	75
10	р. Згар – сmt Літин	2,80	564	59	692	320	61	1,00	13	11	3	65
11	р. Рів – с. Демидівка	2,82	579	97	1130	310	-	0,90	12	4	1	65
12	р. Савранка – с. Осички	1,46	542	91	1740	200	-	1,70	15	2	1	65

Таблиця 7 – Вихідні дані для річок водозбору р. Західний Буг (варіант 5)

№ п/п	Річка – пост	$\bar{q}$, л/с·км ²	$\bar{X}$, мм	L , км	F , км ²	$H_{\text{сер}}$, м	$I_{\text{вод}}$, ‰	I_p , ‰	$f_{\text{л}}$, %	$f_{\text{б}}$, %	$f_{\text{о}}$, %	f_p , %
1	р. Західний Буг – с. Сокіль	4,93	679	140	6250	-	-	0,90	12	6	1	-
2	р. Західний Буг – сміт Сасів	11,3	850	14	107	330	76	3,40	6	10	1	40
3	р. Західний Буг – м. Кам'янка-Бузька	5,32	704	83	2350	-	-	1,40	15	9	1	40
4	р. Полтва – м. Буськ	5,31	697	60	1440	260	62	0,90	12	8	1	40
5	р. Рата – с. Волиця	5,57	745	53	1140	-	-	2,40	17	8	1	40
7	р. Свиня – м. Нестерів	4,26	719	16	98,6	270	60	8,10	9	3	1	40
8	р. Шкло – м. Яворів	6,74	787	10	236	270	68	6,70	21	3	1	70
9	р. Желдець – с. Лугове	3,41	688	40	246	220	12	1,80	22	14	1	35
10	дж. Кам'янка – м. Кам'янка-Бузька	4,11	704	37	141	240	24	1,40	10	9	1	35

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Використання програмного комплексу SCREEN3 для оцінки стану забрудненого атмосферного повітря: Навчальний посібник / С.М. Степаненко, І.А. Хоменко – Одеса: «ТЕС», 2009. – 127 с.
2. Дружинин Н.И., Шишкин А.И. Математическое моделирование и прогнозирование загрязнения поверхностных вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 390 с.
3. Ігошин М.І. Математичні методи і моделювання у фізичній географії: Підручник. Практикум. – Одеса: Астропринт, 2005. – 464 с.
4. Лобода Н.С. Методи просторового узагальнення гідрологічної інформації: Конспект лекцій. – Одеса: «Екологія», 2008. – 88 с.
5. Лобода Н.С. Методи статистичного аналізу у гідрологічних розрахунках: Навчальний посібник. – Одеса: «Екологія», 2010. – 183 с.
6. Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях: Учебное пособие для студентов ВУЗов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 416 с.
7. Сердюцкая Л.Ф., Яцишин А.В. Техногенная экология: Математико-картографическое моделирование. – М.: «ЛИБРОКОМ», 2009. – 232 с.
8. Сніжко С.І. Теорія і методи аналізу регіональних гідрохімічних систем: Монографія. – К.: Ніка-Центр, 2006. – 284 с.

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК
ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ
«ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ»

Укладачі: Даус М.Є., Захарова М.В.

Підп. до друку
Умовн. друк. арк.

Формат 60×84/16
Наклад 50

Папір
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет
65016, м. Одеса, вул. Львівська, 15

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК
МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК

до практичних робіт з дисципліни
«ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ»

“Затверджено”

на засіданні методичної комісії
природоохоронного факультету
Протокол № ____ від ____ . ____ 2015 р.
Голова комісії _____ Чугай А.В.
(підпис)

“Узгоджено”

Декан факультету магістерської та
аспірантської підготовки
_____ Боровська Г.О.
(підпис)

“Затверджено”

на засіданні кафедри
гідроекології і водних досліджень
Протокол № ____ від ____ . ____ 2015 р.
Зав. кафедри _____ Лобода Н.С.
(підпис)

Одеса -2015