

АНАЛІЗ МІНЛИВОСТІ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАСИВУ ЛЕСОВИХ ГРУНТІВ У СЛАБКО ПОРУШЕНИХ УМОВАХ НА ПРИКЛАДІ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТРАСИ ДНІПРОПЕТРОВСЬК-ЗАПОРІЖЖЯ.

Приведений аналіз мінливості властивостей ґрунту на підставі визначення основних статистик, кореляційного, регресійного та кластерного аналізу. Задачі знаходження цих параметрів пов'язані з необхідністю доведення однорідності порід, зіставленню показників між собою, встановлення щільності взаємозв'язків та розділення на однорідні групи.

Ключові слова: мінливість, кореляція, регресія, кластер.

Приведен анализ изменчивости свойств ґрунта с использованием статистических методов обработки данных: определения основных статистик, корреляции, регрессии, кластерного анализа. Задачи нахождения параметров связаны с необходимостью доказательства однородности пород, сопоставления показателей между собой, обнаружение тесноты взаимосвязей и деление на однородные группы.

Ключевые слова: изменчивость, корреляция, регрессия, кластер.

The analysis of soil properties variability by using statistical methods of data processing was made. It was defined of the main statistics, correlation, regression and cluster analysis. The main task of finding out such parametries are connected with the necessity of rock homogeneity proof, data comparison, finding out the tightness of intercorrelation and division on more or less homogeneous groups.

Key words: variability, regression, clusters.

Вступ. Визначення стану масиву лесових ґрунтів є актуальним завданням, яке виникає при оцінках мінливості властивостей масиву та здійсненні прогнозу стану при різних за мінливістю техногенних впливах від новітніх джерел. Аналіз мінливості властивостей масиву, який не є об'єктом впливу та розповсюджений за границями міста потрібний для визначення сучасного стану масиву в слабко порушених умовах.

Фактичний матеріал. У червні – грудні 2008 року спеціалістами ДФ «Дніпродіпродор» виконані інженерно-геологічні вишукування для проектування та будівництва автодороги «Південний обхід» у м. Дніпропетровськ та Дніпропетровській області. З метою дослідження інженерно – геологічних та гідрогеологічних умов траси, пробурені 216 свердловин спільним обсягом 2002 м. Для визначення фізико – механічних властивостей ґрунтів, із свердловин відібрано 320 монолітів і 106 зразків порушеної структури. Кількість проб щодо визначення хімічного складу і агресивних властивостей ґрунтових вод склала 12.

Методи досліджень. Застосовані методи стохастичного аналізу даних, використана Trial – версія програми STATISTICA 9,0.

Результати досліджень. Траса проходить по розчленованому балками та ярами правобережному вододільному плато річок Дніпро та Мокра Сура. Рельєф траси хвилястий, з добре розвинутою балково - яружною системою, із загальною тенденцією до зниження. Територія вишукувань складена осадовими четвертинними ґрунтами еолово-делювіального, алювіально-делювіального та алювіального походження, які плащеподібно покривають відклади палеоген-неогенового віку. Ці відклади незгідно залягають на архей-протерозойських

© Р.К.Іщук, Т. П. Мокрицька, 2012

скельних породах та елювії. Дана територія слугує водозбірним басейном р. Мокра Сура. Більша частина траси проходить по вододільним плато, для яких характерне глибоке залягання ґрунтових вод. Поверхневий стік обумовлений рельєфом місцевості. Ґрунтові води та вода з річки Мокра Сура як середовище неагресивні по відношенню до бетонів, а також неагресивні до арматури залізобетонних споруд при постійному зануренні, та слабо агресивні при періодичному замочуванні [6].

Перевірка на статистичну однорідність вибіркової сукупності даних про інженерно-геологічні властивості однорідних за стратиграфо-генетичними ознаками гірських порід виконується за результатами аналізу статистик: асиметрії, ексцесу, дисперсії, середнього, медіани та коефіцієнту варіації. За результатами досліджень була створена база даних про властивостей ґрунтів. Статистичний аналіз виконаний за матеріалами досліджень властивостей виключно ґрунтів лесової формації, що забезпечило генетичну однорідність масиву даних. При скороченому аналізі, якщо розрахований коефіцієнт варіації менший 15 % для фізичних та 30 % для механічних, сукупність, за діючими нормативами, вважається однорідною. Після перевірки однорідності переходять до перевірки закону розподілення. Вважають, що однорідність інженерно-геологічних даних за значенням коефіцієнта варіації призводить до нормального або логнормального розподілу (табл.1).

Таблиця 1

Вибіркові результати первинного статистичного аналізу властивостей лесових порід

Var	N	Mean	Confidence	Confidence	Median	Mode	Frequency	Variance	Std. Dev.	Standard	Skewness	Std. Err.	Kurtosis
W	333	0,175	0,16958	0,18189	0,180	,2300	31	0,0033	0,057	0,0031	-0,0418	0,133	-1,165
PL	260	1,778	1,76034	1,79589	1,780	Multiple		0,021	0,145	0,0090	-0,3003	0,15104	-0,383
TAU0,1	225	0,100	0,0939	0,10778	0,091	Multiple		0,008	0,052	0,0035	11,444	0,162	154,8
DEF0,05	135	0,109	0,1	0,11444	0,100	,1000	37	0,000	0,027	0,0023	1,1312	0,208	3,516

Примітки: 1.W – вологість ґрунту природна, ч.о.; PL – щільність ґрунту, г/см³; TAU0.1-напруга при зрізі, мПа 2.Var- змінна; N – кількість строк у базі даних; Means - середнє значення; Confidence – Median – медіана; Mode – мода; Frequence – частота; Variance – варіація; Std.Err. – стандартная ошибка; Std. Dev. – стандартное отклонение.

Проаналізувавши дані можна сказати, що розподіл симетричний. На це вказує різниця між середніми значеннями та медіанами, яка не перевищує 5 % та низькі значення коефіцієнта варіації. Але перевірка закону розподілу доказала, що вибірки не підпорядковуються нормальному закону [7]. Тому, перевірка кореляційних та регресійних зв'язків між показниками має сенс для встановлення виду детермінованої компоненти математичної моделі просторової змінної.

За результатами аналізу графіків залежності змінних від глибини відбору зразка встановлено, що залежність між змінними у просторових координатах має складний характер (рис. 1).

Для прикладу наведені декілька графіків, які відображають закономірні зміни показників з глибиною (рис. 2, 3). Проаналізувавши графіки, можна зробити висновок, що між окремими показниками та глибиною встановлений тісний взаємозв'язок. Ці фактори будуть впливати на результат.

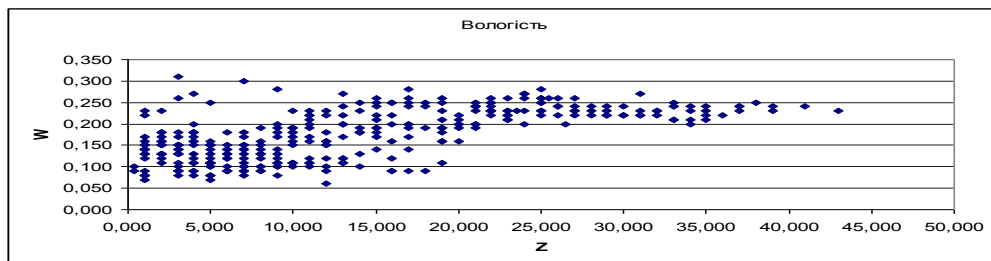


Рис. 2 Графік змін значень природної вологості лесових ґрунтів з глибиною.

Примітки: Z- глибина; W – вологість природна, ч.о.

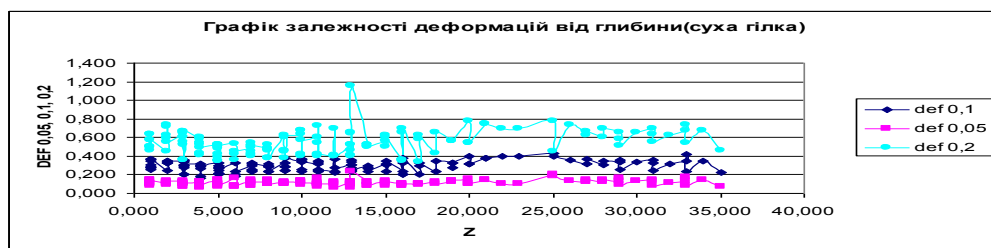


Рис. 3 Графік залежності деформацій на різних ступенях навантаження (стан природної вологості, нормальне навантаження 0,1; 0,05; 0,2 МПа) від глибини відбору зразка.

Примітки: Z- глибина; DEF 0.05-0.3 МПа – деформація ґрунту у природному стані при навантаженні 0,05-0,3 МПа.

Для створення математичної моделі детермінованої компоненти виконаний кореляційний та регресійний аналіз даних.

Регресійний аналіз дозволяє отримати залежність наступного виду:

$$Y=k_1X_1+k_2X_2+\dots+k_nX_n+B$$

Де Y – залежна перемінна, X – перемінна, яка визначається, B – похибка.

В рівнянні входять тільки ті перемінні, які являються значущими.

Регресійний аналіз використаний для встановлення щільності та характеру взаємозв'язку, виявлення впливу різних факторів на результат. У нашому випадку регресійний аналіз потрібен для встановлення залежності між показниками та глибиною відбору[5]. За результатом проведення детального аналізу були визначені рівняння регресії для лесових порід (табл. 2). Кластерний аналіз використовується для рішення задач класифікації. Він вказує на міру подібності між перемінними по величині «евклідова відстань». Задача побудована у виконанні ієрархічного угруповання об'єктів, при якому об'єкти з найбільшим ступенем подібності розміщуються разом. Після цього групи об'єктів об'єднуються в інші групи, з котрими вони найбільш тісно пов'язані і продовжується до тих пір, доки не буде отримана повна класифікація об'єктів [3]. Ми бачимо, що щільність зв'язку між розрахунковими та прямими показниками різноманітна за інтенсивністю. Вологість ґрунту тісно пов'язана з механічними характеристиками. Нормальні напруги на ступені 0,2 МПа та 0,1 МПа близькі до побутових, за абсолютними значеннями, напругами. Саме при цих навантаженнях зв'язки

між фізичними та механічними властивостями ґрунтів максимальні. Вологість, кут внутрішнього тертя, питоме зчеплення та деякі деформаційні прями показники утворюють окремий кластер.

Таблиця 2

Рівняння регресії для фізичних характеристик лесових ґрунтів.

Параметри рівняння регресії				
Вид рівняння регресії	AR ²	F	Beta	Змінні
$W = -2,151 + 0,191PL + 0,201WL + 0,69PLS + 0,335WP$	0,634	113,183	0,540	Щільність ґрунта
			0,174	Гран.текучості
			0,161	Щільність часток
			0,137	Гран.текучості

Примітки: 1. W - вологість, ч.од.; PL – щільність ґрунту, г/см³; WL – вологість на граніці текучості, ч. од.; PLS - щільність часток ґрунту, г/см³; WP вологість на граніці розкочування, ч. од. 2. AR²-скоректоване значення коефіцієнта множинної кореляції; F – критерій Фишера; Beta – коефіцієнт при залежній змінній.

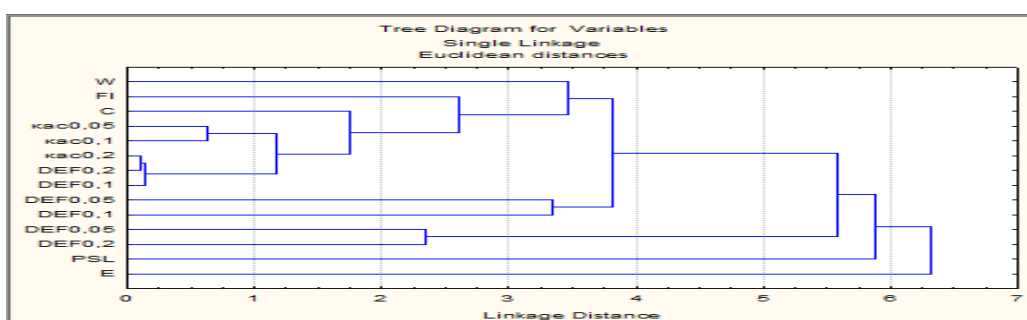


Рис. 4 Дендрограма для визначення зв'язків між значенням вологості ґрунту та фізико-механічних характеристик.

Примітки: F – кут внутрішнього тертя; C – питоме зчеплення; DEF 0.05-0.3 – відносна деформація ґрунту природнього стану при навантаженні 0,05-0,3 мПа; DEFSAT0.05-0.3 – відносна деформація ґрунту при навантаженні 0,05-0,3 мПа у стані водонасичення

Зв'язок поступово зменшується, що візуально можна спостерігати по евклідовій відстані. Отже, вологість може являтися класифікаційним фактором [4].

Висновки.

- Виконаний статистичний аналіз та знайдені основні статистики вибіркової сукупності. Лесові ґрунти виявилися однорідними.
- Характеристики ґрунтів у різному ступені залежні в бко порушених умовах одне від одного з різним ступеням: від слабкого до сильного.
- Усі показники змінюють свої значення з глибиною, залежність має переважно лінійні зв'язки.
- Кластерний аналіз довів існування тісного зв'язку між групами показників [3].

Бібліографічні посилання:

1. **Сергеев Е. М.** «Инженерная геология». /Е.М. Сергеев, М., 1978,- 384 с.

2. **Бондарик Г. К.** «Закономерности пространственной изменчивости лессовых пород» / Г. К. Бондарик, М. И. Горальчук, В. Г. Сироткин. М., «Недра», 1976, 238 с.;
3. **Дэвис Дж. С.** «Статистический анализ данных в геологии»./ Дж. С. Дэвис В 2 кн., Кн. 1. – М., 1990. – 319 с.
4. **Серебренников М. Г.**, «Выявление скрытых периодичностей»/ М. Г. Серебренников, А. А. Первозванский М., «Недра», 1965, 244 с.
5. Інженерна геологія : навчальний посібник/ *А.В.Шостак*. – Інтернет-ресурс Київського університету. – geol.univ@kiev.ua. – 92 с.;
6. Звіт по результатам інженерно-геологічних вишукувань «ДПРОАВТОДОРА» том 1 – 3, 2011.

Надійшла до редколегії 30.03.2011