

А. Б. ГЛАВАЦЬКИЙ, аспірант

Одеський державний університет
кафедра інженерної геології і гідрогеології
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65026, Україна.

ТИПІЗАЦІЯ НЕВПОРЯДКОВАНИХ ВИБОРК ДАНИХ, РЕПРЕЗЕНТОВАНИХ ПОКАЗНИКАМИ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТІВ, МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧНОЇ СТАТИСТИКИ

Обґрунтовується можливість типізації невпорядкованих даних фізико-механічних властивостей з допомогою математичних методів. У результаті факторного і дискримінантного аналізу виділено критерії розподілу вибірок на групи. Для кожної виділеної групи визначено фактори, які визначають стан і властивості ґрунтів.

Ключові слова: типізація, фактор, дисперсія.

Об'єктом даних досліджень стали голоценові мулисто-глинисті відклади північно-західного шельфу Чорного моря та Хаджибейського й Алібейського лиманів. Мета роботи полягала в інженерно-геологічному класифікуванні ґрунтових масивів, представлених "слабкими" відкладами, для цілей розрахункових схем. Разом з цим було поставлено за мету визначити: 1) чи розрізняються вибірки (мули лиманів, мули шельфу, глини лиманів) за сумою ознак на окремі сукупності; 2) які ознаки визначають дану відмінність; 3) якими факторами зумовлено стан кожної вибірки. З цією метою проведено дискримінантний і факторний аналізи.

Достатньо простими у визначенні і водночас, інформативними показниками фізичних та фізико-хімічних властивостей ґрунтів, що використовуються в інженерній геології, є: природна вологість (w_p), щільність (ρ), щільність мінеральної частини (ρ_d), межі і число пластичності (w_l , w_p , I_p), а також одержувані на їхній основі розрахункові показники: коефіцієнт пористості (e), показник консистенції (Il), відносна вологість (w/w_l), показник гідрофільності (w/Γ_{10}), колоїдна активність (I_p/Γ_{10}). Крім них, у аналізі використовувались: коефіцієнт стиснення (a), кут внутрішнього тертя ($\text{tg } \phi$), зчеплення (c), опір зсуву ($\tau_{\text{сдв}}$), коефіцієнт фільтрації (k_f) та глибина від поверхні дна (H).

Дискримінантний аналіз проводився засобом поступового включення, "при цьому на кожному кроці цієї процедури відбирається змінна, що, в поєднанні з відібраними раніше, дасть найкращу відмінність [6]. Із 15 змінних, які аналізувались значущими "дискримінантними змінними" [6] є наступні змінні: k_f , ρ_d , w_l , w_p , I_p , Il , e , a , H . Правильність передбачення перевірялась "т-статистикою помилок" [6, с. 120], вона дорівнює 90 %. "Це означає, що класифікація за допомогою

дискримінантних функцій робить на 90 % помилок менше, ніж очікувалося при випадковій класифікації” [6]. Дискримінантний аналіз може також дати відповідь на питання: чи всі ці змінні корисні і необхідні для розподілу вибірок. Найбільш інформативними змінними виявилися k_ϕ , ρ_a , I_p . При цьому t -статистика помилок дорівнює 77 %. Результати аналізу подано у вигляді графіка (Рис. 1).

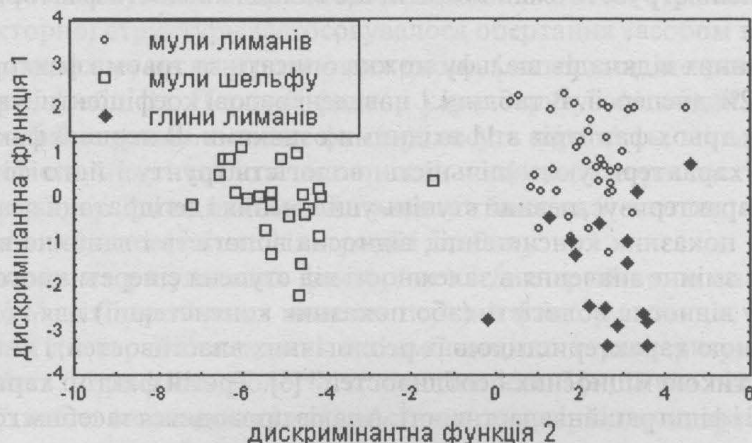


Рис.1. Розташування множини крапок щодо різних вибірок у площині дискримінантних функцій.

“Метою факторного аналізу є знаходження простої структури, яка б достатньо точно відтворювала реальні існуючі в природі залежності” [1]. “Простіше кажучи, факторний аналіз дозволяє отримати мінімальне число нових змінних, що є лінійними комбінаціями вхідних, причому ці нові змінні містять ту ж кількість інформації” [4].

Деякі засоби факторного аналізу вразливі до одиниць вимірювання, в нашому випадку змінні мають різноманітні вимірювання (частки одиниць, $\text{кг}/\text{см}^2$, $\text{м}/\text{сек}$). Для того щоб їх використати в одному аналізі, вони були стандартизовані. Крім того, не бажано включати в аналіз змінні, причинні для інших. Кількість факторів у моделях визначалася за двома тестами:

1) критерій Кайзера “рекомендує розглядати лише фактори, чий власні значення перевищують 1” [2], і 2) критерій каменистого осипу “простий графічний критерій, що дозволяє близько оцінити число факторів у моделі” [2].

Факторний аналіз проводився як для всієї вибірки, так і для виділених класів окремо. Аналіз міцносних, деформаційних і фізичних властивостей проводився для вибірки, до якої увійшли мули і слабкі водонасичені глини Чорноморського шельфу, Азовського моря і лиманів Алібей та Хаджибей. Встановлено, що величини загальної дисперсії змін основних властивостей донних ґрунтів описують 4 головних фактори. Перший фактор має максимальні навантаження на We , Wl , Wp , I_p , e , ρ_a , ρ , а в сукупності ці фактори визначають фізичні і деформаційні властивості ґрунту. Другий фактор визначає міцність ґрунтів c , $\text{tg } \phi$, $\tau_{\text{сдв}}$. У цьому факторі вплив “ c ” і “ $\text{tg } \phi$ ” всіяко і змінюється в залежності від повороту осей, очевидно, природа цих показників різноманітна. В третій фактор увійшли I_p/Γ_{10} , w/Γ_{10} , G , w/wl . Тобто, показники, що засновані на визначенні змісту вологи різноманітного енергетичного рівня зв’язку в ґрунтах при різноманітних його

станах. Вони дуже сильно залежать від мінералогічного складу глин і хімічного складу рідинної компоненти та побічно відбивають внутрішню енергетику в системі.

На жаль, не для всіх виділених груп відомі всі властивості (фізичні, механічні, деформаційні). Тому аналіз проводився за тими властивостями, що спільні для трьох виділених груп. Можна сказати, що склад і кількість факторів для кожної групи різні.

Стан донних відкладів шельфу можна описати за трьома факторами, що пояснюють 82% дисперсії. В таблиці 1 наведені вагові коефіцієнти, які демонструють зв'язок трьох факторів з 11 вхідними ознаками. В перший фактор увійшли змінні, що характеризують щільність, вологість ґрунту і його фізичний стан. Фактор 2 характеризує, певний ступінь ущільнення і дегідратації осадків. До нього увійшли показник консистенції, відносна вологість і глибина від дна. Цей фактор має змінне значення в залежності від ступеня сінеретичного ущільнення порід, тому відносна вологість (або показник консистенції) для водонасичених порід є гарною характеристикою їх реологічних властивостей, і лише близькою характеристикою міцносних особливостей” [3]. Третій фактор характеризує деформаційні і фільтраційні властивості. Аналіз проводився засобом головних компонент, а для отримання найбільш простої факторної структури застосовувалося обернення засобом варимакс.

Для глинястих ґрунтів шельфу та лиманів факторна структура така (табл. 1).

Таблиця 1

Факторна структура глинястих ґрунтів шельфу та лиманів

Мули шельфу				Глини лиманів				Мули лиманів		
Фактори				Фактори				Фактори		
	1	2	3		1	2	3		1	2
H	0.226	0.076	-0.633	H	-0.261	-0.092	0.586	H	-0.167	-0.639
ρ	-0.852	0.054	-0.074	ρ	-0.863	0.118	0.003	ρ	-0.803	-0.161
ρ_d	-0.924	0.197	-0.162	ρ_d	-0.952	0.067	0.008	ρ_d	-0.954	-0.155
W	0.871	-0.34	0.165	W	0.840	-0.472	0.043	W	0.912	0.356
Wl	0.895	0.412	0.050	Wl	0.981	0.124	-0.004	Wl	0.951	-0.227
Wp	0.829	0.330	-0.134	Wp	0.949	0.162	0.038	Wp	0.920	-0.100
Ip	0.625	0.379	0.303	Ip	0.967	0.101	-0.059	Ip	0.876	-0.22
Il	0.021	-0.97	-0.078	Il	0.101	-0.939	0.021	Il	0.178	0.914
E	0.829	-0.183	0.228	E	0.967	0.118	-0.029	E	0.952	0.219
k_f	0.129	0.054	0.898	k_f	-0.112	0.087	-0.848	k_f	0.049	0.515
A	0.338	0.002	0.840	A	0.820	0.296	0.053	A	0.793	0.319
w/wl	0.051	-0.989	0.054	w/wl	-0.293	-0.921	0.092	w/wl	0.247	0.911

Фактор 1 характеризує фізичний стан ґрунту. Найбільші навантаження в цьому факторі несуть щільність, щільність скелету ґрунту, вологість, межі і число

пластичності, коефіцієнт пористості і коефіцієнт стиснення. Фактор 2 має найбільші навантаження на показник консистенції і відносну вологість. Фактор 3 характеризується коефіцієнтом фільтрації і глибиною від поверхні дна. Ці три фактори охоплюють 84.5% інформації, що міститься в матриці даних. Перший фактор має найбільшу вагу, близько 57% загальної дисперсії. Як і в попередньому випадку, застосовувався засіб головних компонент, а для отримання найбільш простої факторної структури застосовувалося обертання засобом варимакс.

Стан лиманних мулів контролюється двома факторами, що пояснюють 78% всієї дисперсії (табл. 1). Перший фактор характеризує фізичний стан ґрунту. Найбільші навантаження в цьому факторі несуть щільність, щільність скелету ґрунту, вологість, межі і число пластичності, коефіцієнт пористості і коефіцієнт стиснення. Фактор 2 має найбільші навантаження на показник консистенції, відносну вологість, коефіцієнт фільтрації і глибину.

Ґрунтуючись на результатах факторного і дисперсійного аналізу, можна твердити: 1) У всіх перелічених моделях перший фактор визначає близько 50% відсотків всієї дисперсії і складається зі змінних, що характеризують фізичний стан: щільність, пористість, вологість, пластичність. Це ще раз підтверджує необхідність їхнього визначення і використання для характеристики слабких водонасичених глинистих ґрунтів.

2) Інші ознаки, які визначають міцнісні і фізико-хімічні процеси в донних ґрунтах, пояснюють близько 10—15% дисперсії кожний, і додають однаковий внесок в характеристику цих відкладів.

3) Мулинисто-глинисті відклади північно-західного шельфу Чорного моря та лиманів різняться між собою рядом ознак, які підтверджують важливість використання особливостей умов осадконакопичення для типізації непорядкованих даних. Це узгоджується з інженерно-геологічною класифікацією мулів [5,27].

Література:

1. Белявский Г. А., Боре́йко Л. Г., Могильный С. А. Математическое моделирование морских инженерно-геологических объектов (на примере Индийского океана). — К., 1981. — 60 с. (Препринт Института геологических наук АН УССР 81-3).
2. Боровиков В. П., Боровиков И. П. STATISTICA — Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. — М.: Информационно-издательский дом "Филинь", 1997. — 608 с.
3. Горькова И. М., Коробанова И. Г., и др. Природа прочности и деформационные особенности глинистых пород в зависимости от степени увлажнения / Труды лаборатории гидрогеологических проблем им Ф. П. Саваренского т. XXIX Издательство Академии Наук СССР. — М., 1961. — С. 25-75.
4. Йёреског К. Г., Клован Д. И., Раймент Р. А. Геологический факторный анализ: Пер. с англ. — Л.: Недра, 1980. — 233 с.
5. Шпиков А. Б. Инженерно-геологическая классификация илов. — Инженерная геология. — 1986. — № 3. — С. 23-32.
6. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: Пер. с англ. / Дж. — О. Ким, Ч. У. Мюллер, У. Р. Клекка и др.; Под ред И. С. Енюкова. — М.: Финансы и статистика, 1989. — 215 с.

Типизация неупорядоченных выборок данных, представленных показателями физико-механических свойств грунтов, методами математической статистики.

Главацкий А. Б.

Одесский государственный университет,
кафедра инженерной геологии и гидрогеологии ул. Дворянская, 2, Одесса,
65026, Украина

Резюме

Проведена типизация данных физико-механических свойств лиманно-морских илов. С помощью факторного и дискриминантного анализа отложения разделены на три группы. Выделены критерии разделения на группы. Установлено что каждая группа имеет свой набор факторов, которые определяют ее состояние и свойства.

Ключевые слова: типизация, фактор, дисперсия

Typification of the data, represented by physical and mechanical soil properties, by the mathematical snatistic methods

A. B. Glavatsky

Odessa State University,
Department of Engineering Geology and Hydrogeology,
Dvorianskaya st., 2, Odessa, 65026, Ukraine.

Summary

The held typification of physical and mechanical properties data of the estuary-marine silts is made. Due to the factor and discriminant analysis the depositions are divided into three groups. The yardsticks of group separation are chosen. It is defined that each group has its gang of factors, which determine its state and properties.

Key words: typification, factor, dispersion.