

УДК 624.131

Є. Г. Коніков, д-р геол.-мін. наук, проф., **С. М. Шаповалов**, асп., **А. Б. Главацький**, пров. фахівець
Одеський національний університет,
Проблемна науково-дослідна лабораторія інженерної геології узбережжя моря, водосховищ та гірських схилів
Шампанський пров., 2, Одеса, 65058, Україна

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЗА МЕТОДОМ УЗАГАЛЬНЕНИХ ЗМІННИХ

Розглянуто теоретичне обґрунтування, структурна блок-схема та алгоритми побудови комп'ютерних програм виведення узагальнених безрозмірних комплексів параметрів (критеріїв подібності) "Degree" та розділення лінійно упорядкованих сукупностей на однорідні елементи "Критерій Родіонова", які застосовуються при інженерно-геологічній схематизації і моделюванні абразійних процесів на морських берегових схилах.

Ключові слова: алгоритм, комп'ютерна програма, критерії подібності, критерій Родіонова, абразія.

На сучасному етапі розвитку геологічних наук в практиці наукових досліджень вельми широко використовуються різноманітні методи математичної обробки даних. Зокрема, в інженерній геології застосовуються методи математичної статистики і обробки інформації на підставі пакетів програм Statistica, Exel, ГІС, а також деякі спеціальні програми, побудовані на розрахункових схемах (аналітичних рішеннях), з використанням рівнянь матфізики.

В той же час для прогнозування геологічних процесів і явищ, а також мінливості стану масивів гірських порід існуючі комп'ютерні програми не можна використовувати повною мірою. Наприклад, у випадку прогнозування геологічних процесів за допомогою природно-аналогового моделювання, заснованого на використанні положень теорії геологічної подібності (в частковому випадку — критеріїв подібності), бажано створення (розробка) спеціальної комп'ютерної програми по виводу критеріїв подібності під Windows з можливістю обміну базами даних між пакетами Statistica та Exel.

Для реалізації вказаної задачі нами було розроблено комп'ютерну програму "Degree" для виводу критеріїв подібності. Але до того, як зробити загально опис цієї програми, нагадаємо деякі основні положення теорії геологічної подібності і методу узагальнених змінних в аспекті прогнозування фізико-геологічних процесів.

Одним з основних положень теорії геологічної подібності є так звана π -теорема подібності [3, 5, 6]. У відповідності до π -теореми залежність між величинами, що характеризують будь-який фізичний (фі-

зико-геологічний) процес, може бути представлена у вигляді рівняння, в якому вишукувана змінна (величина), що характеризує процес (його інтенсивність), визначається як функція від незалежних змінних і критеріїв подібності. Застосування л-теореми подібності дозволяє відшукати "...те критерии, которые составляют фундамент всех остальных и, следовательно, наиболее интересуют экспериментатора" [1, с. 98].

Тут слід зауважити, що узагальнені змінні (УЗ) комплексного типу представляють собою безрозмірні комплекси, які утворюються з розмірних фізичних величин і характеризують будь-який геологічний процес. Отримані комплекси мають чітко визначений фізичний сенс, а деякі з них представляють собою критерії механіки, гідравліки, теплофізики (Н'ютона, Фруда, Рейнольдса, Пекле, Фур'є тощо). Важливою підставою, що дозволяє використовувати УЗ комплексного типу для прогнозування процесів на основі аналогій, серед черги інших чинників, є їхня безрозмірність. До того ж, шляхом арифметичних та алгебраїчних дій (множення, ділення, взведення у ступінь) можна отримати інші форми запису безрозмірних комплексів.

Структуру критеріїв подібності (тобто узагальнених змінних комплексного типу) можна виявити аналізом розмірностей. Останній досить докладно описано в монографії Венікова В. А. [1, с. 73–77], там же наведено структурну схему програми (алгоритм) для визначення узагальнених змінних.

Розглянемо один з можливих варіантів структурної схеми програми (рис. 1). В якості вихідних даних використовується повна матриця розмірностей фізичних величин (в т.ч. геологічних параметрів) //A// розміром $m \times q$. Розрахунок починається з підрахунку визначників q -го порядку (D^q) — блок I. Тут можливі два випадка: або існує хоча б один визначник $D^q \neq 0$ ($k = q$), або всі визначники $D^q \neq 0$ ($k < q$).

В першому випадку здійснюється перехід до розрахунків за програмою блока II, яка, дозволяє розрахувати визначники D^q_{is} для усіх $D^q \neq 0$. Потім вираховуються значення показників ступеня (блок III) для усіх форм запису з видачею їх на друк.

У другому випадку здійснюється перехід до розрахунків за програмою блока IV, згідно до якої виявляються усі не рівні нулю визначники $(q-1)$ -го порядку (D^{q-1}). На відміну від блока I програма блока IV містить програму розрахунку визначників, складених із стовбців часткової матриці //B//. Перебір стовбців кожної часткової матриці //B// ведеться до тих пір, доки не зустрінеться визначник не рівний нулю. Якщо такий визначник D^{q-1} знайдено, то $k = q-1$. Якщо усі визначники $D^{q-1} = 0$, то $k < q-1$.

При $k = q-1$ за програмою блока V підраховуються визначники D^{q-1}_{is} для $D^{q-1} \neq 0$. Блок V аналогічно блоку IV містить програму перебору визначників. Подальший розрахунок виконується за програмою блока III.

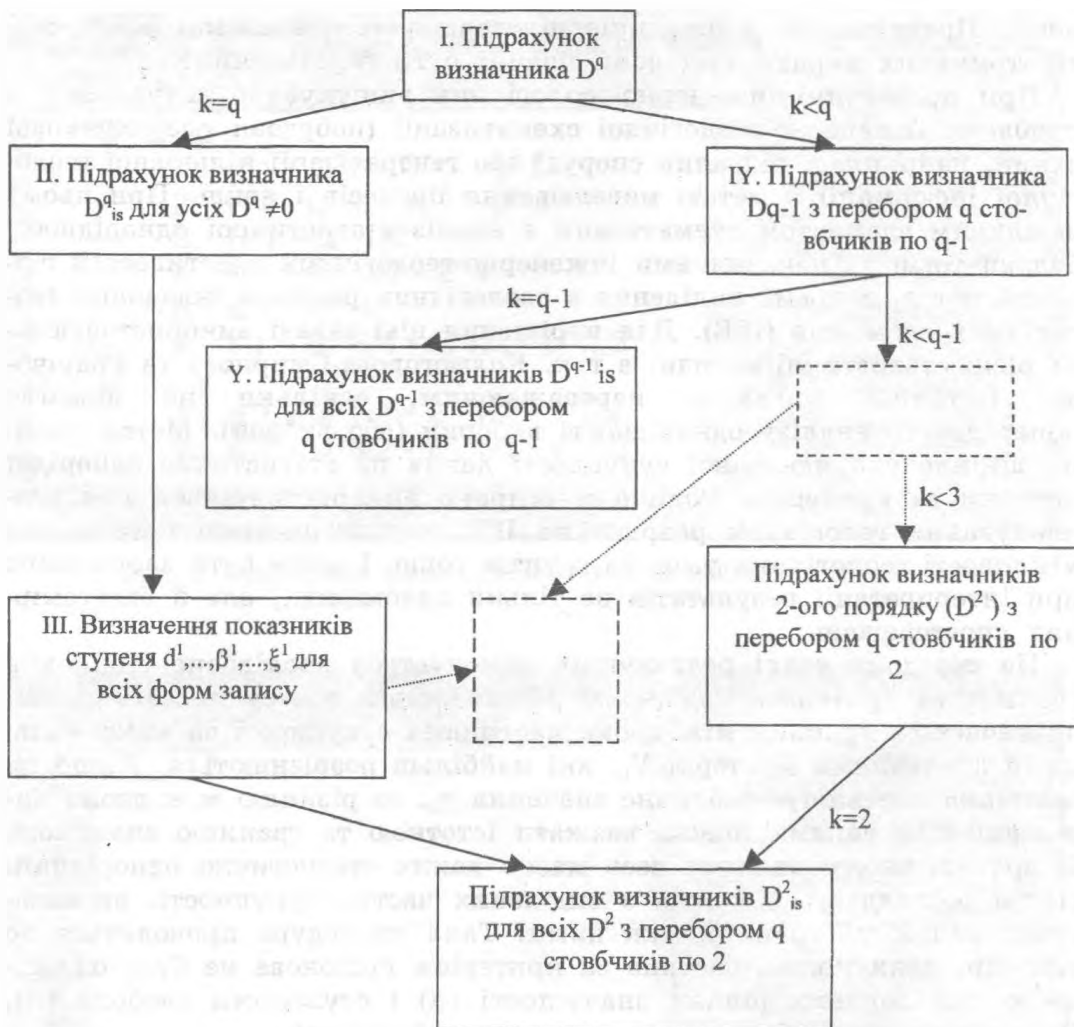


Рис. 1. Структурна схема програми розрахунку узагальнених змінних (критеріїв подібності)

Конкретні значення m і q визначаються колом задач, найбільш характерних для даної галузі досліджень. Найбільше значення $q = 6$ при використанні Міжнародної системи одиниць (СІ), а значення m може бути будь-яким. Але в практиці досліджень зустрічаються випадки $m = 10 + 15$, якщо враховувати тільки параметри, що мають неоднакові розмірності. Практично задовільною є програма, що складена для $q = 5$ і $m = 15$.

Створена комп'ютерна програма виведення критеріїв подібності була опробована нами для вирішення двох задач: 1) оцінки стану та моделювання процесу консолідації "слабких" водонасичених ґрунтів (морських та лиманих мулистих ґрунтів) [4]; 2) моделювання процесу абразії морських берегів [2]. На рисунку 2 представлено операційне вікно програми "Degree" з результатами розрахунку критеріїв подіб-

ності. Правильність розрахунків підтверджується аналізом розмірності отриманих виразів (усі вони повині бути безрозмірними).

При проведенні інженерно-геологічних вишукувань актуальною є проблема інженерно-геологічної схематизації (побудови розрахункової схеми, наприклад, підвалин споруд) або генералізації кількісної геологічної інформації з метою моделювання процесів і явищ. При цьому важливим елементом схематизації є аналіз статистичної однорідності будови товщ за показниками інженерно-геологічних властивостей гірських порід, зокрема виділення в геологічних розрізах інженерно-геологічних елементів (ІГЕ). Для вирішення цієї задачі використовуються різні статистичні методи, в т. ч. Колмогорова-Смирнова та Родіонова. Останній виглядає переважаючим, оскільки не вимагає попереднього аналізу однорідності виборки (або виброк). Метод ділення лінійно упорядкованої сукупності даних на статистично однорідні частини за критерієм Родіонова широко використовується для розчленування геологічних розрізів на ІГЕ, характеристики просторової мінливості геологічних умов та ґрунтів тощо, і може бути застосовано при інтерпретації результатів не тільки одномірних, але й багатомірних спостережень.

На першому етапі розрахунків виконується послідовне виділення границь за критерієм Родіонова: розглядається вся сукупність даних, визначається границя між двома частинами сукупності за максимальними значеннями критерія V_k , які найбільш розрізняються. Якщо ця величина перевищує табличне значення χ_2 , то різницю між двома виділеними частинами можна вважати істотною та границю значимою. В протилежному випадку весь масив даних статистично однорідний. Потім розглядається кожна з виділених частин сукупності, визначається наявність границь між ними. Така процедура проводиться до тих пір, доки кожна частина за критерієм Родіонова не буде однорідною при заданих рівнях значущості (α) і ступенях свободи (n). Розрахунки критерія V_k виконуються за формулою:

$$V_k = \frac{n-1}{n(n-k)k} \cdot \frac{[(n-k)(A - X_k) - k(B - X_k)]^2}{\sum x_i^2 - \frac{1}{n}(\sum x_i)^2}$$

де $A = \sum_{i=1}^{\rho} x_i$; $B = \sum_{i=\rho+1}^n x_i$; $\rho = k - 1$.

Описаний алгоритм визначення критерія V_k було покладено в основу побудови комп'ютерної програми "Критерій Родіонова". На рисунку 3 показано операційне «вікно» розробленої програми. Цю програму було опробовано на численних матеріалах інженерно-геологічних випробувань ґрунтових товщ.

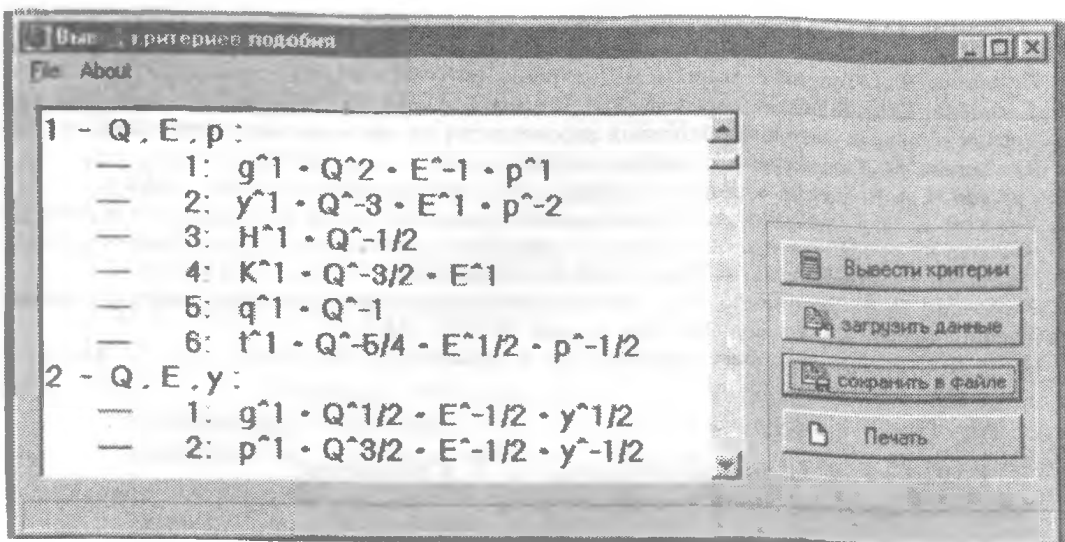


Рис. 2. Операційне вікно програми виводу узагальнених змінних

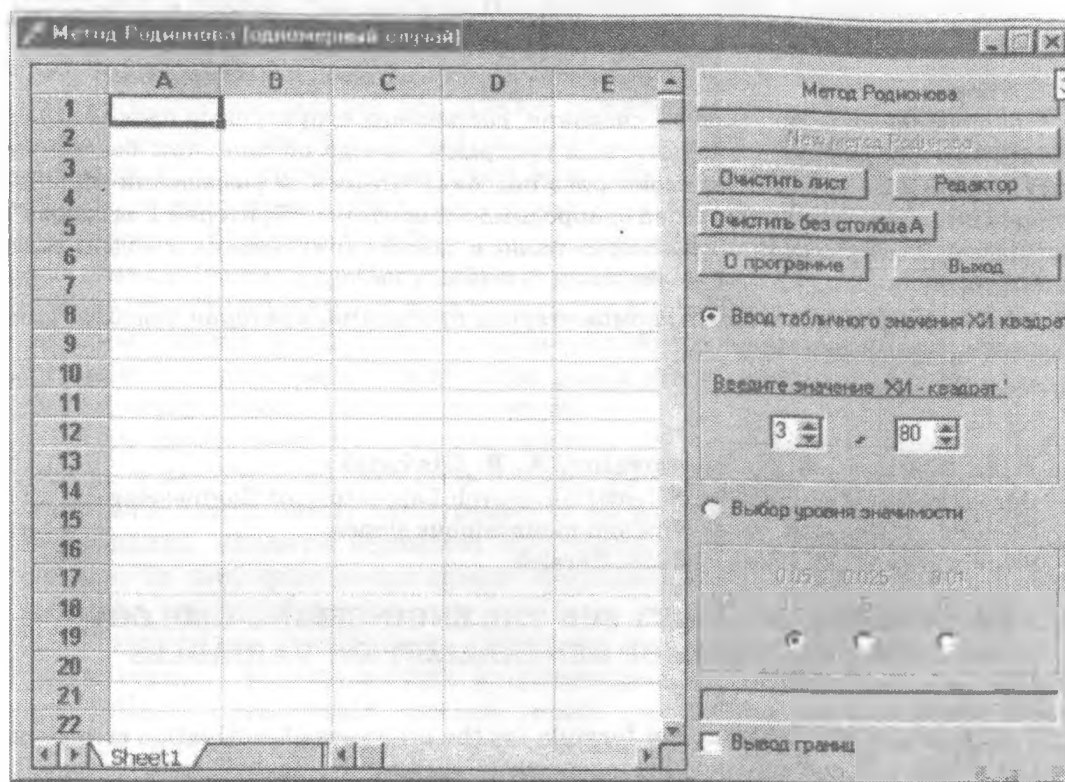


Рис. 3. Операційне вікно програми “Критерій Родіонова” розділення лінійно впорядкованих сукупностей на статистично однорідні елементи.

Література

1. Венников В. А. Теория подобия и моделирования. — М.: Высшая школа, 1976. — 479 с.
2. Воскобойников В. М., Лиходеева О. Г. Изучение и прогнозирование геологических процессов на основе метода обобщенных переменных (на примере переработки берегов водохранилищ // Инженерная геология. — 1984. — № 1. — С. 23–36.
3. Гухман А. А. Введение в теорию подобия. — М.: Высшая школа, 1973. — 296 с.
4. Коников Е. Г., Главацкий А. Б. Приближенное решение задачи консолидации грунтового массива на основе метода обобщенных переменных // Геоэкология. Инж. геология. Гидрогеология. Геокриология. — 2001. — № 3. — С. 179–183.
5. Розовский Л. Б., Зелинский И. П. Инженерно-геологические прогнозы и моделирование: Учебное пособие. — Одесса: Высшая школа, 1975. — 115 с.
6. Седов Л. Г. Методы подобия и размерности в механике. — М.: Наука, 1981. — 448 с.

Е. Г. Коников, С. М. Шаповалов, А. Б. Главацкий

Одесский национальный университет,
Проблемная научно-исследовательская лаборатория инженерной геологии
побережья моря, водохранилищ игорных склонов
Шампанский пер., 2, Одесса 65058, Украина

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПО МЕТОДУ ОБОБЩЕННЫХ ПЕРЕМЕННЫХ

Резюме

Выполнено теоретическое обоснование, составлены структурные блок-схемы и алгоритмы построения компьютерных программ вывода обобщенных безразмерных комплексов параметров (критериев подобия) “Degree” и разделения линейно упорядоченных совокупностей на однородные элементы — “Критерий Родионова”, которые используются при инженерно-геологической схематизации и моделирования абразионных процессов на морских береговых склонах.

Ключевые слова: алгоритм, компьютерная программа, критерии подобия, критерий Родионова, абразия.

E. G. Konikov, S. N. Shapovalov, A. B. Glavatsky

Odessa national university, Scientific-research Laboratory of Engineering
Geology of Sea coast, reservoirs and mountainous slopes,
Shampansky St., 2, Odessa, 65058, Ukraine

THE PROGRAM SECURITY FOR THE ENGINEERING-GEOLOGY MODELING THE METOD OF GENERALIZETION VARIABLES

Summary

The structure bloc-schemes and formula for the programs of cultivation criterions similar (“Degree”) and criterion homogeneous (“Criterion Rodionov”) were composed. This programs use for engineering-geology schematization and modeling of abrasion processes on the sea-coastal zone.

Keywords: bloc-schemes, computer programs, criterions similar, Criterion Rodionov, abrasion.