

ПРО ПРИЧИНИ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ГРУНТОВОЇ ГРЕБЛІ ХАЕС

О. Мельник

Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк

Ключові слова: растрова електронна мікроскопія, стереологія, кореляція.

Постановка проблеми

Для надійної оцінки стану ґрунтових гребель потрібно виконувати, крім геодезичних, моніторингові дослідження в комплексі, використовуючи сучасні методи та техніку на різних рівнях [8]. Такий підхід особливо важливий для об'єктів атомної енергетики. Відповідно у статті розглядаються питання оцінки властивостей ґрунтової греблі Хмельницької АЕС.

Зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями

На замовлення дирекції ХАЕС науковці Волинського національного університету імені Лесі Українки виконують геодезичні спостереження за експлуатаційним режимом тіла греблі водосховища ХАЕС та РЕМ-мікроскопічні дослідження типових зразків, відібраних з різної глибини.

Мета досліджень – РЕМ-мікроскопічні та фізико-механічні дослідження властивостей ґрунтової греблі водосховища ХАЕС.

Виклад основного матеріалу

Сучасні уявлення про структурну міцність дисперсних систем.

Одним із важливих факторів, які впливають на властивості будь-якої породи, є характер структурних зв'язків, якими визначається їх деформаційна поведінка та міцність.

Як відомо, структурно-механічні параметри дисперсних порід залежать значною мірою не від механічних властивостей матеріалу самих частинок, а від сили зчеплення між твердими структурними елементами і кількості контактів у перетині руйнування. Відповідно до досліджень П.А. Ребіндера та Е.Д. Щукіна [1, 2] міцність дисперсної структури P_c при одночасному руйнуванні контактів пропорційна до середньої сили зчеплення між частинками P_l та кількості зруйнованих контактів в одиниці площі поверхні руйнування χ :

$$P_c = P_l + \chi. \quad (1)$$

Це співвідношення встановлює зв'язок між класичними уявленнями про міцність дисперсних систем та її мікроструктурними особливостями та

вказує на те, що значення міцності породи визначаються її мікроскопічними параметрами, а саме силою зчеплення на контакт і кількістю контактів в одиниці площі поверхні руйнування.

Визначити кількість контактів можна за різноманітними моделями пористого дисперсійного тіла.

Сьогодні існують різні моделі, зокрема: “діркова”, “глобулярна”, “дисперсна”, тощо, що дають змогу розрахувати кількість контактів на одиницю площі руйнування. Знаючи χ , а також значення на розрив, можна розрахувати за формулою (1) середню міцність індивідуальних контактів.

Оскільки об'єктом нашого дослідження є піщані зразки, то із усіх згадуваних розрахункових схем найадекватніше сучасним уявленням про мікробудову таких зразків відповідає глобулярна або бідисперсна моделі. Усі подальші розрахунки виконані за цими моделями.

Глобулярна модель. Побудова таких моделей уможливилась завдяки розробленій П.А. Ребіндером, Е.Д. Щукіним та іншими вченими фізико-хімічної теорії міцності дисперсних пористих систем [1, 2]. Основні положення цієї теорії такі:

1. Міцність дисперсної пористої системи визначається переважно не міцністю часток, з яких вона складається, а характером контактів між ними. При цьому міцність всієї структури P_c (на розрив) пропорційна до кількості контактів в одиниці площі перетину руйнування (f) і середньої сили зчеплення в контакті (P_l)

2. Кількість контактів визначається середнім розміром часток і типом їх упакування, тобто пористістю: чим щільніше упакування і менша пористість, тим більше контактів на одиничній площі перетину руйнування.

3. Великі пори не тільки зменшують кількість контактів у перетині, але і є своєрідними концентраторами напруг і призводять до різкого зниження міцності.

4. Для характеристики глобулярних моделей потрібно знати два параметри: розмір часток r і безрозмірний фактор упакування N – кількість часток від вузла до вузла (воно може бути

дробовим при усередненні за об'ємом структури, а для простого кубічного упакування дорівнює одиниці).

Спочатку глобулярні моделі застосовувались для структур, складених частинками сферичної форми з пористістю понад 48 %. Пізніше ця модель була розширена на структури з пористістю в інтервалі від 48 % до 26 %. Геометрично для побудови глобулярної моделі використовують прямолінійні ланцюги, складені із шарів однакового діаметра, що дотикаються один до одного. Ланцюги розташовані вздовж трьох взаємно перпендикулярних напрямків і, перетинаючись, утворюють вузли структури. Спосіб упакування характеризується структурним параметром N – середньою кількістю частинок від вузла до вузла. Якщо $N=1$, то отримують об'ємну структуру з простим кубічним упакуванням, при дробовому значенні N система характеризується неправильним порядком вузлів. В такій моделі пористість n однозначно зв'язана з параметром N . Ця залежність подається у вигляді функції: $1/N^2 = f(n)$ і міститься в ряді літературних джерел [3,4].

Залежність між кількістю контактів на одиницю поверхні руйнування, параметром N та середнім радіусом структурного елемента r може бути записана у вигляді:

$$\chi = 1/4r^2N^2. \quad (2)$$

В деяких роботах [5] параметр N замінюють на координаційне число упакування z , при цьому кількість контактів в одиниці площі перетину руйнування можна подати формулою:

$$\chi = \frac{3}{8\pi} \cdot \frac{z(1-n)}{r^2}. \quad (3)$$

У роботі [4] наведена модифікована формула для обчислення кількості контактів у глобулярній моделі:

$$\chi = \frac{3}{2\pi} \times z(1-n)/(2r)^2, \quad (4)$$

де z – координаційне число, що характеризується середньою кількістю контактів кожного структурного елемента із сусідніми; n – пористість; r – середній радіус структурного елемента.

Координаційне число не залежить від розміру структурних елементів і визначається винятково її пористістю. Для знаходження z є ряд простих аналітичних виразів, отриманих різними авторами [6]:

В. Филд: $z = 12/(1+e)$, де e – коефіцієнт пористості;

В. Грій: $z = 3.1/n$ і $z = 2 \exp(2,4n)$, n – пористість у частках від одиниці.

У діапазоні пористості від 30 % до 90 % зв'язок між z і n у глобулярних багатоструктурних моделях задається аналітично у вигляді регресійної функції [4]:

$$n = 1,072 - 0,1193z + 0,0043z^2. \quad (5)$$

Незважаючи на простоту формули (5), під час її застосування виникають певні труднощі, зокрема: при визначенні пористості, середнього розміру часток і координаційного числа. Значною мірою ці ускладнення можна подолати, використовуючи методику кількісного мікроструктурного аналізу за допомогою комплексу РЕМ-мікро ЕОМ [3]. Такий підхід дає змогу достатньо точно оцінити необхідні морфометричні параметри та розрахувати величину χ , що дає змогу значно ширше використовувати ті чи інші моделі при аналізі дисперсних ґрунтів, особливо з скелетною мікроструктурою, таких як леси, піщаники тощо.

На рис. 1, а, б наведена геометрична схема глобулярної моделі та мікрофотографія мікроструктури дослідного зразка, що відповідає цій моделі.

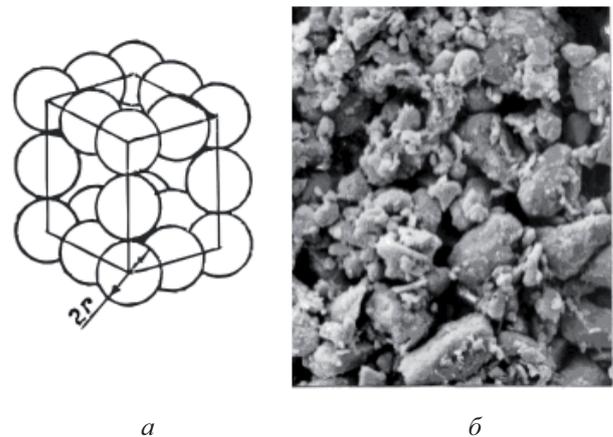


Рис. 1. Модельна схема (а) і мікрофотографія (збільшення $250\times$) (б) глобулярної мікроструктури

Дослідженнями [3, 4] встановлено:

1) глобулярна модель може успішно використовуватися для аналізу пісків, піщаників, алеволітів і деяких тонкозернистих порід, структурні елементи яких (частки, мікроагрегати) мають форму, близьку до сферичної;

2) істотним недоліком глобулярної моделі є те, що вона не враховує анізотропію форми часток, мікроагрегатів і тому коректно застосовується тільки для однорідних та ізотропних мікроструктур.

Бідисперсна модель. Глобулярна модель пористих зразків застосовується переважно для дисперсних систем, що характеризуються одномодальним розподілом часток за розмірами. Для полідисперсних систем, розмір структурних елементів яких змінюється в певному інтервалі, важко підібрати адекватну структурну модель. Разом з тим, у разі бімодального розподілу часток, коли мінімальні й максимальні середні розміри відрізняються на порядок і більше, доцільно застосувати бідисперсну модель (рис. 2).



Рис. 2. Мікрофотографія (збільшення 1100) бідисперсної глобулярної мікроструктури

Ця модель була запропонована проф. В.М. Соколовим [4] для оцінки кількості контактів у системі, складеній великими (з радіусом R) і дрібними (з радіусом r) частками. Відповідно до цієї моделі загальна кількість контактів дорівнює кількості контактів між великими частками (χ_R), помноженій на кількість контактів між дрібними частками (χ_r) у межах контактної площадки між великими частками. Величини χ_R і χ_r визначаються з таких виразів:

$$\chi_R = 3z(1-n)/8\pi R^2;$$

$$\chi_r = (\rho_R \times \varphi_r \times R^2)/(2\rho_r \times \varphi_R \times r^2), \quad (6)$$

де $\rho_R, \varphi_r, R, \rho_r, \varphi_R, r$ – відповідно щільність, вміст і середній еквівалентний радіус великих і дрібних часток; z – координаційне число; n – пористість.

Загальна кількість контактів у бідисперсній системі обчислюється за формулою:

$$\chi_R = \chi_R \times \chi_r = [3z(1-n)\rho_R\varphi_r]/[16\pi r^2\rho_r\varphi_R] \quad (7)$$

Як показали дослідження [3, 4, 5], для бідисперсних структур координаційне число змінюється від 8 до 11.

Експериментальні дослідження

1. Кореляційні залежності

Однією з важливих переваг кількісного аналізу мікроструктури за РЕМ-зображеннями є можливість швидкої оцінки пористості досліджуваної структури. Як показали численні експериментальні дослідження, загальна пористість досліджуваних зразків має тісну кореляційну залежність із загальною площею пор, обчисленою за РЕМ-зображенням. Рівняння регресії має вигляд:

$$n_s = f_1(S) = 3,128 \cdot 10^{-3} S - 11,983, \quad (8)$$

де n – %, S – мкм²; $R=0,94$

Загальна пористість ґрунту також добре корелює з інтегральним параметром дисперсності D :

$$n_d = f_2(D) = -27,484D + 77,869, \quad (9)$$

де n – %, $R=-0,71$.

Така залежність відповідає відомій в механіці ґрунтів загальній закономірності зниження пористості в грубодисперсних системах.

Майже функціональний зв'язок спостерігається між щільністю скелета ґрунту ρ_d і загальною площею пор:

$$\rho_d = f_3(S) = 1,460 \cdot 10^{-4} S + 3,219, \quad (10)$$

де ρ_d – г/см³; S – мкм², $R = -0,93$.

Хід залежності $\rho_d = f_3(S)$ строго відповідає уявленням про взаємозв'язок щільності скелета дисперсійних зразків з їх пористістю, тобто регресійні рівняння (8) з високою надійністю можуть застосовуватись для розрахунку величини n і ρ_d за даними кількісного стереологічного аналізу РЕМ-зображень.

Встановлена [4] тісна кореляція кількості контактів на одиниці площі перетину руйнування (χ) з параметром дисперсності (D). Рівняння регресії мають вигляд:

$$\chi_D = f_4(D) = -4,987 \cdot 10^7 D + 7,969 \cdot 10^7, \quad (11)$$

де χ – см⁻², $R = -0,80$.

Характер взаємозв'язку кількості контактів з параметром дисперсності також підтверджує закономірне зниження величини χ із збільшенням розміру структурних елементів, що контактують.

2. Фізико-механічні властивості

Значний інтерес викликає вивчення взаємозв'язку міцності і деформаційних властивостей дисперсних зразків з кількісними морфометричними і геометричними показниками мікроструктури. Експериментальними дослідженнями [3,4] встановлено, що найтісніші кореляційні залежності існують між характеристиками міцності та деформації, і загальною площею пор, виміряною стереологічно-планіметричним методом

(S), а також коефіцієнтом анізотропії, отриманим за допомогою фур'є-аналізу РЕМ-зображення (A).

Відомі літературні дані [5, 6, 7] вказують на те, що між міцністю й пористістю існує експоненціальна залежність $R = f(\xi)$. Для підтвердження цього нами під керівництвом проф. В.М. Соколова (МДУ ім. М.В. Ломоносова, м. Москва) проаналізовано залежності між модулем пружності (E_y) та модулем загальної деформації (E_0) і морфометричним параметром (S) – загальною площею пор (S).

Характеристики міцності і деформації визначалися за допомогою універсального приладу МП-2С, призначеного для вивчення механічних характеристик пористих дисперсних тіл [2, 6]. Випробування на стиск виконані на циліндричних зразках діаметром 20 мм і висотою 50 мм. Визначались характеристики міцності на зсув за схемою двоплощинного зрізу дослідного зразка перетином $1,5 \times 1,0$ см² без прикладання нормального навантаження. У ході експериментів здійснювався автоматичний запис кривих $R_c = f(\xi)$ і $\tau = f(\xi)$. Значення модулів пружності й загальної деформації розраховувалися на підставі відомих у механіці ґрунтів залежностей $R_c = f(\xi)$, де ξ – відносна деформація зразка.

Результати виконаних досліджень наведені у вигляді кореляційних залежностей:

$$\ln E_y = -8,1450 \cdot 10^{-4} S + 12,3973; R = -0,74 \quad (12)$$

$$\ln E_0 = -8,3048 \cdot 10^{-4} S + 12,0782; R = -0,73 \quad (13)$$

Графічна інтерпретація цих залежностей показана на рис. 3, а, б.

Отримані залежності відповідають концепції про експоненціальну залежність фізико-механічних характеристик дисперсних структур.

Стосовно контактних характеристик встановлено: кількість контактів на одиниці площі, яка розрахована за глобулярною моделлю, змінюється від $3,9 \times 10^5$ до $5,3 \times 10^5$, тобто закономірно збільшується зі зменшенням пористості від 49 до 41 %, а міцність індивідуальних контактів – від 5×10^{-6} до 8×10^{-6} Н, що свідчить про перевагу в досліджуваних зразках контактів фазового типу.

Кількість контактів на одиницю, розрахована за бідисперсною моделлю, змінюється від $2,8 \times 10^6$ до $8,5 \times 10^6$ контактів і, очевидно, зумовлена щільністю й процентним вмістом великих і дрібних структурних елементів, а міцність індивідуальних контактів для цієї моделі – від $3,79 \times 10^7$ до $1,1 \times 10^6$ Н, що свідчить про характер контактів як фазового, так і перехідного типів.

Стереолого-планіметричні РЕМ-дослідження мікроструктури порового простору зразків ХАЕС (рис. 4, а, б, в) виконані в лабораторії електронної мікроскопії (МДУ ім. М.В. Ломоносова, м. Москва) за такою нестандартною методикою: пісок при природній вологості і щільності поміщався в маленьке металеве кільце діаметром 15 мм і за спеціальною методикою заповнювався люмінесцентівальним полімером. Після наповнення порового простору зразка цим розчином він полімеризувався, що дало змогу отримати аншліф і приготований плоский перетин вивчати за допомогою РЕМ у режимі катодолюмінесценції. Пори, заповнені люмінофором, відображалися на мікрофотографіях як білі, а мінеральні зерна – як чорні. При кількісному аналізі морфометричних ознак мікробудови ґрунтів за їхніми РЕМ-зображеннями визначаються криві розподілу пор або структурних елементів за розмірами: площами, периметрами, еквівалентним діаметрами, гідравлічними радіусами і сумарними площами, значення загальної площі і периметра пор на фіксованій площі зображення, величина пористості в площині зображення і її розподіл на внутрішньо- і міжмікроагрегатну.

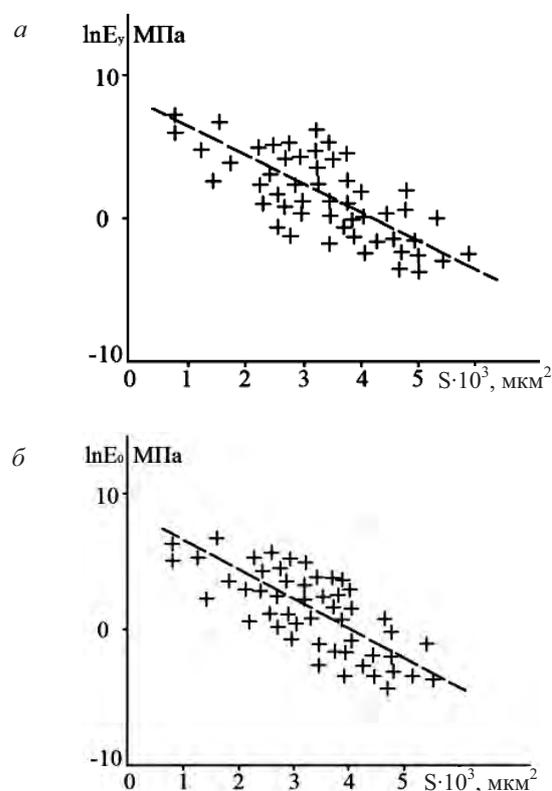


Рис. 3. Кореляційні залежності:
а – модуль пружності (E_y) – загальна кількість пор (S); б – модуль загальної деформації (E_0) – загальна кількість пор (S)

Значення площі (S) і периметра (P) пор і часток дає змогу оцінити фактори форми ($K = 3,545\sqrt{S}/P$) і отримати розподіл за цим параметром. Дані за гідравлічними радіусами можуть використовуватися для розрахунку показника проникності порід.

Деякі результати мікроструктурного аналізу подані на рис. 5, а, б, в.

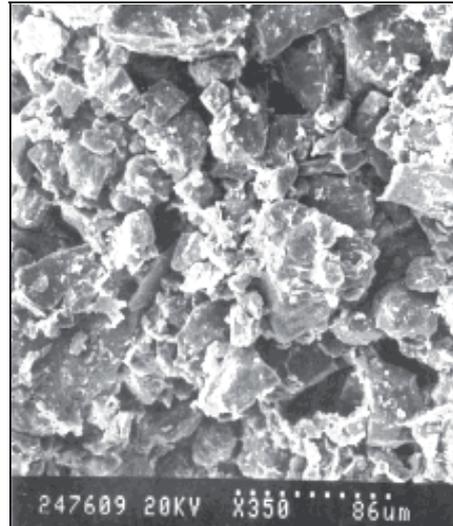
Поровий простір досліджуваних зразків (рис. 4, а) подано порами трьох категорій, що чітко прослідковується на кривих розподілу пор за еквівалентними діаметрами і площами. Як бачимо з відповідних гістограм, процентне співвідношення цих категорій пор таке: численні, але дрібні за розмірами (12–18 мкм) становлять усього 1,7 %, і, навпаки, нечисленні, але великі (427–722 мкм) пори 32 % від загальної пористості. У проміжку між ними розміщені середні пори з розмірами 20–374 мкм у діаметрі, що становлять до 66 % від загальної пористості. Фактор форми цих пор змінюється від 0,097 до 0,971, тобто тут є як ізометричні, так і анізометричні пори. Проте великі пори мають здебільшого ізометричну форму (F : 0,48–0,68). Проникність (або фільтраційний коефіцієнт) $d=18,2$ мілідарсі (мД) мають зразки з глибини 15 м (зразки відбирались з глибини 9, 15 та 18 м). Його пористість становить 3,4 %. Піски з глибини 9 м мають на порядок меншу проникність (2,12 мД), а піски з глибини 18 м мають проникність, у 2 рази меншу (9,5 мД). Однак, як впливає з мінерального складу пісків, піски з цієї глибини (18 м) є дисперснішими. Тому вони мають велику пористість (35,5 %), але в цих пісках розмір пор небагато менший, і відповідно вони мають меншу проникність.

За результатами стереолого-планіметричного мікроструктурного аналізу зразків греблі встановлено таке. По вертикальному профілю спостерігається:

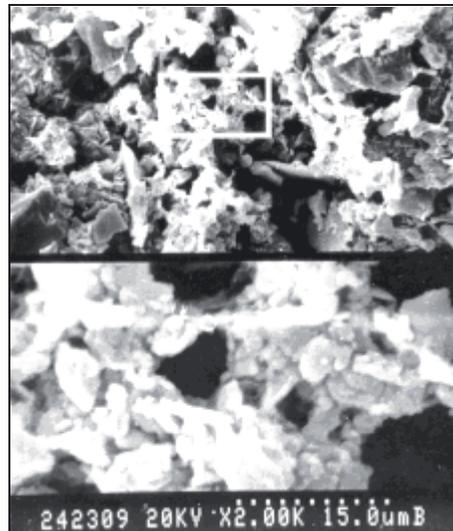
- 1) зменшення загальної (40–36 %) і міжагрегатної (38–24 %) пористості;
- 2) скорочення загальної площі пор (48233–42592 кв.мкм);
- 3) збільшення кількості пор (1463–3794), їх периметра (25267–37114), а також внутрішньоагрегатної (2,1–11,6 %) пористості.

Збільшення проникності ґрунтів тіла греблі з глибиною, найімовірніше, пов'язане зі зміною структури порового простору і складу його заповнювача. На контактні шарів з різним коефіцієнтом фільтрації створюються найсприятливіші умови для прогресуючої механічної суфозії.

а



б



в



Рис. 4. РЕМ-мікрофотографії зразків ХАЕС та зовнішнього виду органоглинистих включень (округлої форми \varnothing 10...15 мм, скв.3, гл.15 м). Збільшення 350, 2000, 20 000 крат (досліджуване місце виділене прямокутним вікном)

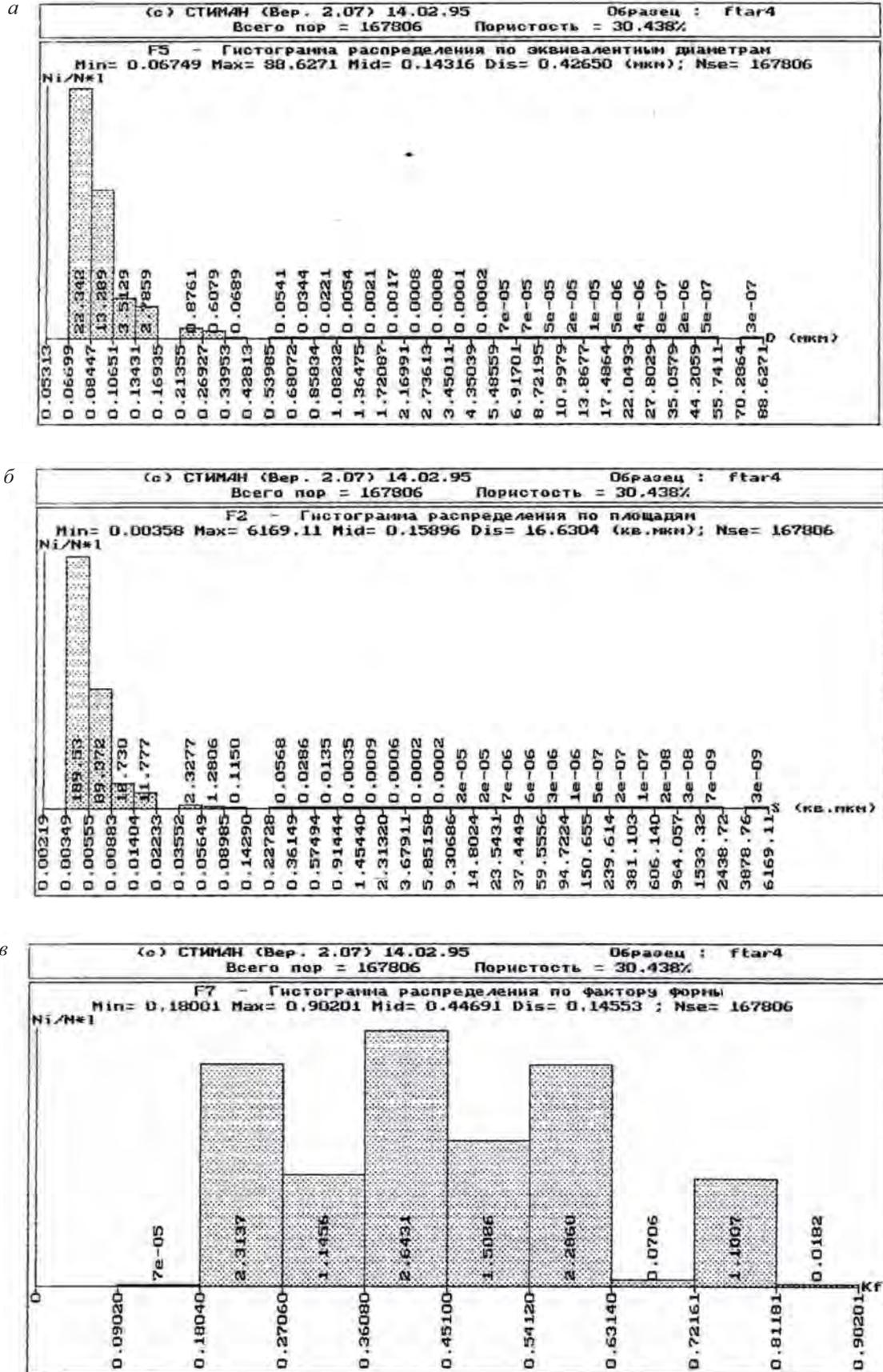


Рис. 5. Гистограммы розподілу пор за еквівалентними діаметрами ($d_{екв}$), площею (S), та фактором форми (K_f)

3. Суфозійні властивості

У результаті моделювання в лабораторії РЕМ-мікроскопії (м. Москва) та аналізу факторів, що впливають на прояв осідання, вдалося встановити, що найважливіша роль належить структурним особливостям (тип мікроструктури, склад піску, його агрегованість, характер набухання, щільність і ступінь водонасичення). Так, для ґрунтів з агрегованою мікроструктурою, високим значенням щільності ($1,92\text{--}1,99\text{ г/см}^2$), ступеня водонасичення ($0,7\text{--}0,8$) просідання відсутнє у зразках, що містять монтморилоніт і тому проявляють набухання ($5,7\%$). При зменшенні монтморилоніту водостійкі контакти навіть за ступеня водонасичення $0,7$ і коефіцієнта пористості $0,73$ викликають прояв просідання.

Виникає питання: чим викликана найбільша проникність пісків на глибині 15 м ? Можна висловити одне припущення. Спочатку після спорудження греблі і заповнення водосховища відбулася гідратація наявної в цих пісках органіки (рис. 4, б, в). Сформований в результаті органомінеральний гель заповнював пори піску і він став менш проникним. У процесі подальшої експлуатації водосховища в ньому змінилися фізико-хімічні умови (наприклад, змінився рН або концентрація солей). Після цього органіка скоагулювала й осіла у вигляді плівок і невеликих “шматочків” на поверхні піщаних зерен. З’явилися великі вільні пори і, відповідно, збільшилася проникність піску. Безумовно, це дуже небезпечне негативне явище, яке потребує подальших комплексних досліджень, оскільки зміна структури порового простору, складу і властивостей його заповнювача призводить до зміни фільтраційних властивостей пісків, насичених органікою.

Одним із способів послаблення фільтраційних і суфозійних процесів в горизонті скв. 3 (гл. 15 м) стало заповнювання цього горизонту гідроксидом натрію з розрахунку $0,5\text{--}1\%$ його концентрації в поровому розчині. Це дало б змогу перевести значну частину гумінових кислот у розчин (зібрати органічні “сорочки” з поверхні глинистих часток) і повернути останнім їхні природні властивості набухати і кольматувати поровий простір. Поступове зменшення концентрації Na^+ згодом привело б до створення умов для ефективною диспергації глинистої речовини в міжзерновому поровому просторі і “вирівнювання” фільтраційних властивостей та зменшення властивостей суфозії [6, 7].

Висновки

1. Запропоновано новий підхід до дослідження мікроструктури дисперсних ґрунтів. Він

ґрунтується на комплексному вивченні морфометричних, геометричних і фізико-механічних ознак мікроструктури однорідного типу ґрунту, що вивчається на мікроскопічному рівні.

2. Виконаними дослідженнями зразків греблі ХАЕС встановлено:

а) спостерігається два типи (глобулярна та бідисперсна) мікроструктури;

б) значення кількості контактів, одержувані при розрахунках за глобулярною моделлю, дещо завищені порівняно з бідисперсною;

в) зафіксоване зменшення загальної ($40\text{--}36\%$) і міжагрегатної ($38\text{--}24\%$) пористості.

3. Встановлена домінуюча роль мікроструктури. Ґрунти з однаковим складом кварцових пісків і близьким значенням агрегованості ($11\text{--}13\%$), набухання ($5\text{--}6\%$) і водонасичення ($0,4$) потенційно можуть бути просадочними. Водночас ґрунти з різним складом кварцового піску, різною агрегованістю ($9\text{--}14\%$), набуханням ($3\text{--}8\%$) і ступенем водонасичення ($0,3\text{--}0,6$) є просадочними.

4. Для надійного прогнозування експлуатаційного стану гідротехнічних споруд, особливо ґрунтових гребель, пропонується виконувати, крім геодезичних, РЕМ-мікроскопічні дослідження, основані на принципах механіки ґрунтів. Метод растрової електронної мікроскопії в комплексі з відповідним програмним забезпеченням дає змогу отримувати важливі інтегральні характеристики властивостей ґрунту.

5. Оцінка деформаційних процесів ґрунтових гребель за даними РЕМ-мікроскопії є новаторською і перспективною.

Література

1. Теоретические основы инженерной геологии. Физико-химические основы (под ред. акад. Е.М.Сергеева). – М.: Недра, 1985. – 288 с.
2. Цытович Н.А. Механика ґрунтов. – М.: Высшая школа, 1983. – 287 с.
3. Осипов В.И., Соколов В.Н., Румянцева Н.А. Микроструктура глинистых пород. – М.: Недра, 1989. – 208 с.
4. Осипов В.И., Соколов В.Н. Природа и механизм просадки лессов // Геоэкология. Инженерная геология, 2000. – № 5. – С. 422–431.
5. Oda M., Konishi J., Nemat-Nasser S. Some experimentally based fundamental results on the mechanical behavior of granular material // Geotechnique, 1980. – V. 30. – № 4. – P. 479–495.
6. Гольдин А.Л., Рассказов Л.П. Проектирование ґрунтовых плотин. – М.: Энергоиздат, 1987. – 304 с.
7. Жиленков В.Н., Шевченко Н.И. О влиянии разнотерности на фильтрационно-суф-

фозионные свойства грунтов // Изв. ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева. – Т.146. – С. 44–51.

8. Карлсон А.А. Руководство по натурным наблюдениям за деформациями гидротехнических сооружений и их оснований геодезическими методами. – М.: Энергия, 1980. – 2000 с.

**Про причини деформаційних процесів
грунтової греблі ХАЕС**

О. Мельник

Розглянуто питання електронно-мікроскопічних та фізико-механічних досліджень властивостей грунтової греблі ХАЕС.

**О причинах деформационных процессов
грунтовой плотины ХАЭС**

А. Мельник

Рассмотрены вопросы электронно-микроскопических и физико-механических исследований свойств грунтовой плотины ХАЭС

**The reasons of deformation processes
of soil dam KhNPS**

A. Melnyk

The question of electron-microscopical and physical-mechanical feature of research soil dam KhNPS is considered in the article.



INTERGEO
Kongress und Fachmesse für Geodäsie,
Geoinformation und Landmanagement
Köln, 5.-7. Oktober 2010

5–7 жовтня 2010, м. Кольн

**МІЖНАРОДНИЙ КОНГРЕС
І ГЕОДЕЗИЧНА ВИСТАВКА
ІНТЕРГЕО-2010**

INTERGEO є найбільшою подією в світі в галузі геодезії, геоінформатики та землевпорядкування.

Більше інформації на <http://www.intergeo.de/de/deutsch/index.php>



2–5 червня 2010, м. Евле

EUREF Симпозіум

Щорічний EUREF Симпозіум організований Lantmäteriet – шведською службою картографії, кадастру та реєстрації земель спільно з Королівським технологічним інститутом та Онсальською космічною обсерваторією Чалмеровського технологічного університету.

Більше інформації на <http://www.lantmateriet.se/EUREF2010>



11–16 квітня 2010

Сідней, Австралія XXIV FIG

INTERNATIONAL CONGRESS 2010

**XXIV КОНГРЕС МІЖНАРОДНОЇ
ФЕДЕРАЦІЇ ГЕОДЕЗИСТІВ (FIG)**

Тематика: доповіді, презентації за напрямками роботи всіх десяти комісій FIG (стандартизація, професійна освіта, геопросторові дані, гідрографія, геодезичні вимірювання та позиціонування, інженерна геодезія, кадастр та землевпорядкування, територіальне планування тощо).

Виставка обладнання та програмного забезпечення

Більше інформації на <http://www.fig2010.com>