



TEXNOGEN RUDALARNING FRAKTAL O'LCHAMLARINI TADQIQ QILISH

Nazarov J.T. [0009-009-9590-8268]

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti professori, t.f.d. (DSc), E-mail: idx6@nsumt.uz

Annotatsiya. Ushbu maqolada fraktal geometriya usullaridan foydalangan holda texnogen uran rudalarining zarracha kattaligi taqsimotini o'rganish natijalari keltirilgan. Tadqiqotda asosiy e'tibor Uchkuduk konidagi ikkilamchi texnogen rudalarga, shuningdek, ushbu texnogen rudalarning fraktal o'lchamlarini aniqlashga qaratilgan. Python kompyuter dasturidan foydalanib, uran rudasi zarralarining fraktal o'lchamini aniqlashda zarur bo'lgan parametrlarni (burchakning tangensi) topish uchun logarifmik panjara yaratildi. Uran rudasi namunalari beshta guruh fraktal o'lcham va ruda zarrachalarining o'lchamlari o'rtasidagi bog'liqlikni o'rganish uchun tahlil qilindi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, fraktal o'lcham o'ziga xos tuzilish va shakllanish jarayoniga qarab granular hajmining o'zgarishi bilan ortishi yoki kamayishi mumkin.

Kalit so'zlar: texnogen ruda, uyumda tanlab eritish, granulometrik ajratish, fraktal o'lcham, logarifmik to'r, kataklar sonini hisoblash.

Abstract. This article presents the results of studying the particle size distribution of technogenic uranium ores using fractal geometry methods. The main focus of the research is on secondary technogenic ores from the Uchkuduk deposit, as well as determining the fractal dimensions of these technogenic ores. Using a Python computer program, a logarithmic grid was created to find the parameter (tangent of the angle) necessary for determining the fractal dimension of uranium ore particles. Five groups of uranium ore samples were analyzed to study the relationship between fractal dimension and the size of ore particles. The results show that the fractal dimension can increase or decrease with changes in granule size, depending on the specific structure and formation process.

Keywords: technogenic ore, heap leaching, granulometric separation, fractal dimension, logarithmic grid, cell counting.

Аннотация. В данной статье представлены результаты исследования распределения размеров частиц техногенных урановых руд с использованием методов фрактальной геометрии. Основное внимание в исследовании уделено вторичным техногенным рудам месторождения Учкудук, а также определению фрактальных размеров этих техногенных руд. С помощью компьютерной программы Python была создана логарифмическая сетка для нахождения параметра (тангенса угла), необходимого для определения фрактального размера частиц урановой руды. Пять групп образцов урановой руды были проанализированы для изучения взаимосвязи между фрактальным размером и размером частиц руды. Результаты показывают, что фрактальный размер может увеличиваться или уменьшаться с изменением объема гранул в зависимости от специфической структуры и процесса формирования.

Ключевые слова: техногенная руда, кучное выщелачивание, granulometricheskoe razdeleniye, фрактальный размер, логарифмическая сетка, расчет числа ячеек.

Kirish

Har qanday texnologik jarayon texnogen chiqindilarni hosil qiladi. Xuddi shunday, uran ishlab chiqarishning texnologik jarayoni ham texnogen rudalarning shakllanishi bilan kechadi [1,2]. Ushbu texnogen rudalarda uran miqdori kam bo'lib, 300 g/t atrofida bo'ladi.

Ruda zarrachasi shaklini miqdoriy tavsiflash uchun turli xil parametrlardan foydalanish mumkin, ammo ularning hammasi ham ruda shakli haqida yetarli darajada ma'lumot bera olmaydi. Zarralarning murakkab yuzasini o'rganishning eng yaxshi usuli fraktal tahlil usulidan foydalanishdir. Fraktal - butun son bo'lmagan (kasr) o'lchamli va o'ziga o'xshashlik xususiyatiga ega, masshtabi o'zgarganda ham nisbatan o'zgarmas shaklni saqlab qoluvchi, ya'ni, uning geometrik ifodasi alohida qismlariga o'xshash figura bo'ladi. O'xshashlik o'lchami yoki fraktal o'lcham - sirtining shaklini tavsiflovchi miqdordir. Ko'pgina tabiiy obyektlar, ayniqsa xotik yoki tasodifiy jarayonlar natijasida paydo bo'lgan obyektlar fraktal



xususiyatlarga ega. Bunday jarayonlarga tog' jinslari va rudalardagi mineral zarrachalarning kristallanishi ham kiradi. Binobarin, fraktal o'lcham tog' jinslari va rudalardagi zarrachalar shaklini tavsiflash uchun ishlatilishi mumkin.

Tog' jinslari va massivlar tarkibi hamda tuzilishining geterogenligi tufayli murakkab tuzilishiga ega nuqsonlar, dislokatsiyalar va boshqa "zaif" joylariga ega bo'lib, bu shartli bog'liq bo'lmagan (yoki shartli bog'langan) turli shakl va o'lchamli nuqsonlarning uch o'lchovli tizimidir. Nuqsonlar makonining tuzilishini tavsiflash juda murakkab vazifa bo'lib, soddalashtirilgan modellarni va boshqa taxminlarni joriy qilishni talab qiladi. Shuning uchun ikkilamchi texnogen rudalarning fraktal o'lchamini aniqlash dolzarb vazifa hisoblanadi.

1975 yilda fransuz matematigi Benoit Mandelbrot "Tabiatning fraktal geometriyasi" asarini nashr etdi. Asarda o'ziga o'xshashlik xususiyatiga ega murakkab geometrik figuralar nazariyasini shakllantirdi va uni tabiatning tabiiy shakllanishlarini tahlil qilishda qo'lladi [3].

Buzilish jarayonida fraktal o'lchamdagi o'zgarishlarning tabiatini aniqlash uchun qisqartirilishi mumkin bo'lgan fraktal tahlil, haqiqiy jismoniy tizimning fazoviy tashkil etilishining murakkabligini hisobga oladigan modellarga o'tishga imkon beradi [4]. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki [5-7], uran rudalari muammolarini hal qilish uchun tekis bo'lmagan (qo'pol, differensial bo'lmagan) sirtlarni modellash tirishning samarali usuli notekislikni hisobga oladigan fraktal geometriya usullaridan foydalanishdir.

Tadqiqot uslubi

Namunalarni fraksiyalarga ajratish uchun turli xil o'lchamdagi (masalan, kattadan kichikgacha) elaklar to'plamidan foydalanildi. Rudani fraksiyalarga ajratib tahlil qilish elaklar to'plamida qo'lda amalga oshirildi. Ikkilamchi texnogen rudalar elaklar to'plamining eng katta o'lchamli yuqori qismiga solinib, qopqoq bilan yopiladi va 15 daqiqa davomida elakdan o'tkaziladi. Har bir elakdan qolgan material alohida-alohida oldindan quritilgan va doimiy massaga keltirilgan toza idishlarga joylashtirildi va torazida tortildi. Har bir elakdagi qoldiqning massa ulushi hisoblab chiqildi. Ikkilamchi texnogen rudalarning massa ulushlarining o'lchamlarga bog'liqligi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

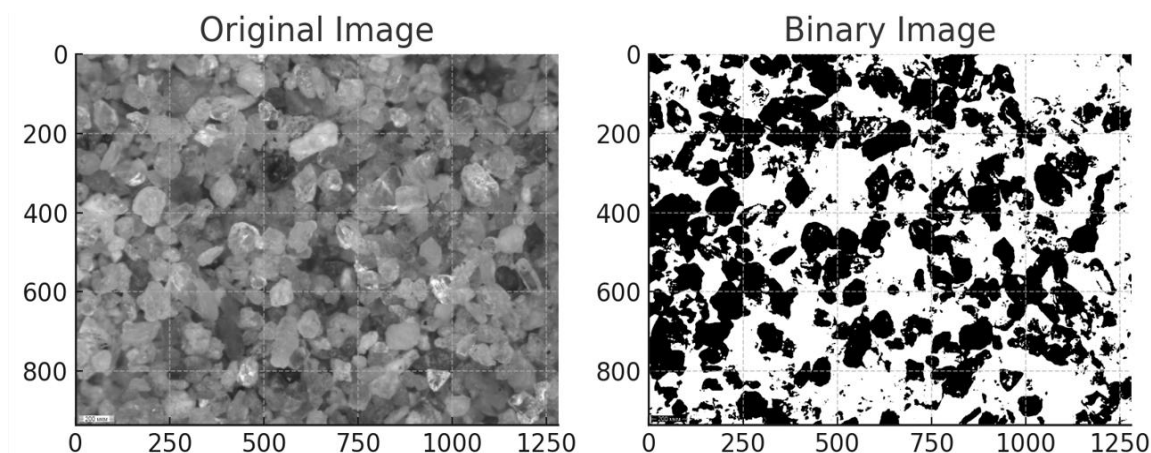
Uran otvallaridan olingan o'rtachalangan namunalarning granulometrik tahlil natijalari

No	Ruda zarrasi o'lchami, mm	Massa ulushi, g	Foiz ulushi, %
1.	-25+10	1815	30,0
2.	-10+5	912	15,0
3.	-5+3	507	8,3
4.	-3+2	412	6,6
5.	-2+1	434	7,5
6.	-1+0,5	1689	28,3
7.	-0,5+0	231	4,3
8.	Jami	6000	100,0

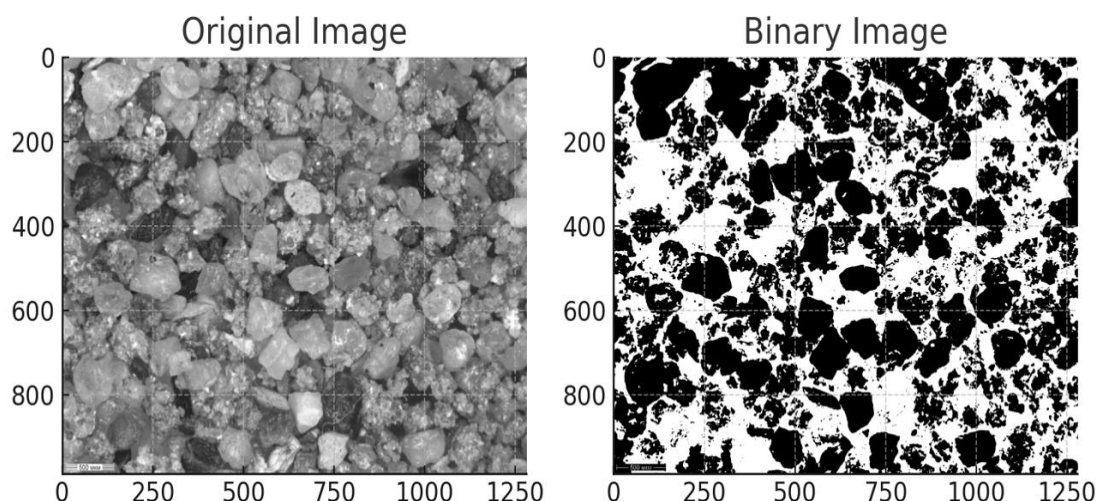
Uran rudasi zarralarining fraktal o'lchamlari optik tahlil orqali o'rganildi. Ruda zarrachalari ma'lum bir kattalashtirishda optik mikroskop orqali suratga olingan.

1-3-rasmlarda ikkilamchi texnogen rudalarning fraktal o'lchamini aniqlashda foydalaniladigan bo'laklarni hisoblash (quti-sanoq usuli) orqali aniqlashni ko'rsatadigan

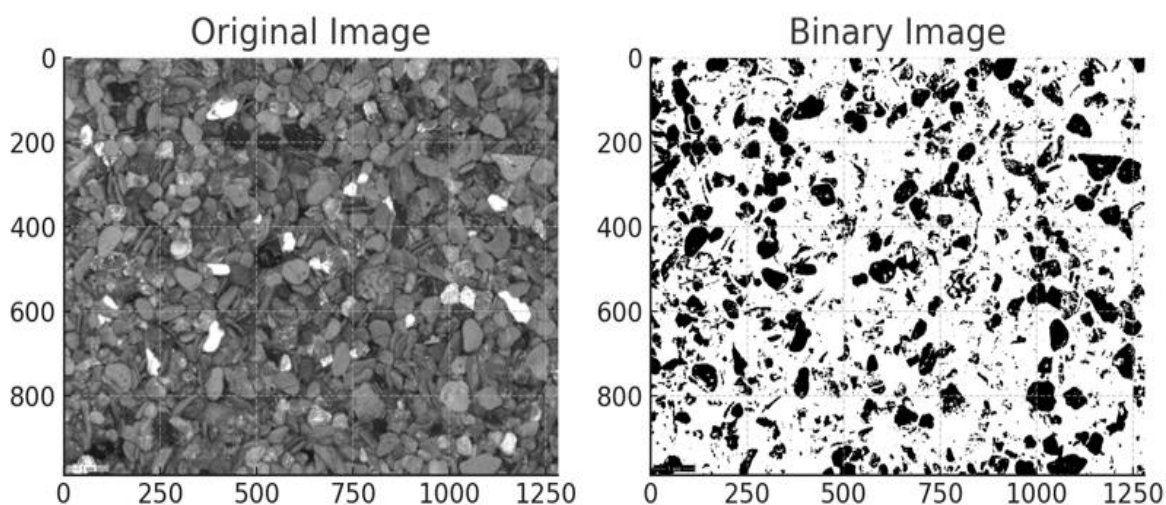
tadqiqot ko'rsatilgan. Fraktal tasvirga ustiga ma'lum o'lchamdagi panjara (kvadratchalar) chiziqlari joylashtirilgan.



1-rasm. Uchquduq konining ikkilamchi texnogen rudalarini optik mikroskopda suratga olingan tasviri (0,2 mm o'lchamli fraksiya).



2-rasm. Uchquduq konining ikkilamchi texnogen rudalarini optik mikroskopda suratga olingan tasviri (0,5 mm o'lchamli fraksiya).



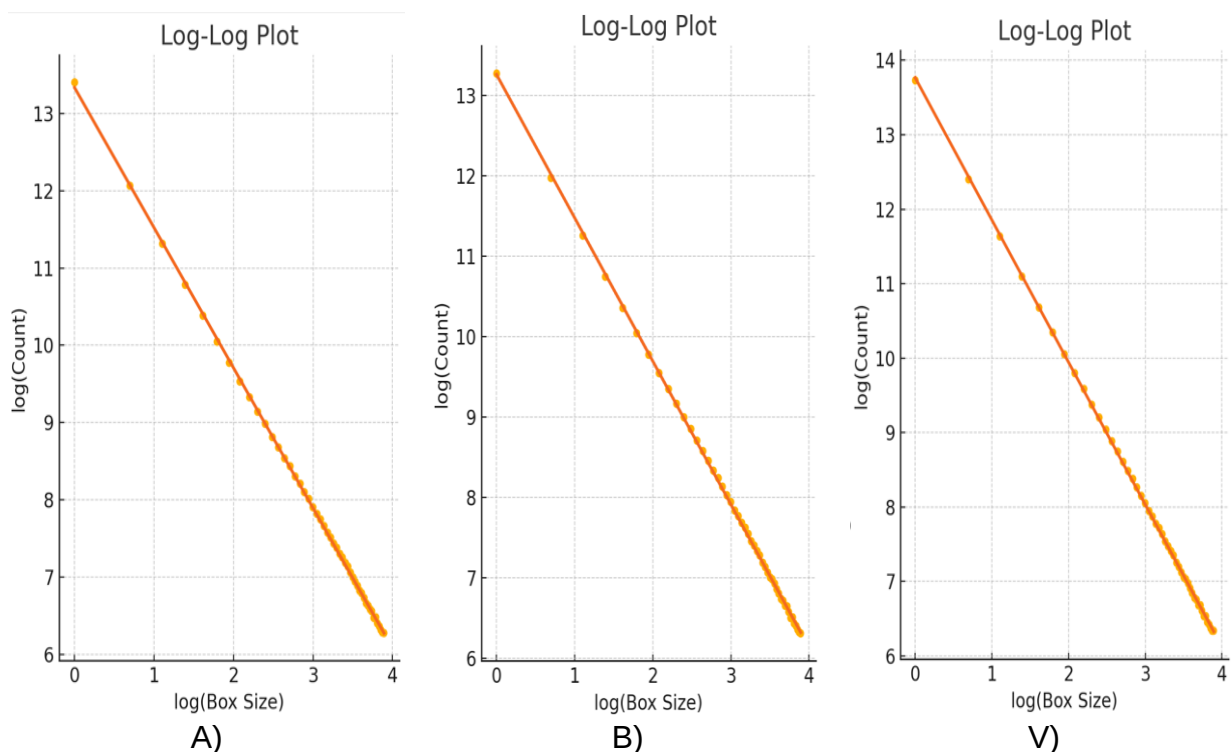
3-rasm Uchquduq konining ikkilamchi texnogen rudalarini optik mikroskopda suratga olingan tasviri (1 mm o'lchamli fraksiya).



Fraktal o'lcham qiymatini aniqlash uchun $N(r)$ kvadratlar sonini va kichik katakning maydonini (r) hisoblaymiz. Shundan so'ng katak o'lchamini bir birlikka $r=r-1$ ga kamaytiramiz. Jarayon kichikroq o'lchamli kvadratlar bilan takrorlanadi va fraktalni o'z ichiga olgan qutilar soni yana hisoblanadi.

Har bir kvadrat o'lchami uchun kvadratlar soni logorifmi (fraktal $\log(N(r))$ va kvadrat o'lchami teskari logorifmi ($\log(1/r)$) hisoblanadi. Hosil bo'lgan chiziqning qiyaligi orqali D fraktal o'lchami aniqlanadi. Bunda X o'qi bo'ylab $\log(1/r)$ va Y o'qi bo'ylab $\log(N(r))$ qiymatlari orqali qiya chiziq chiziladi.

Xaudovskiyning $d = \frac{\log N}{\log(\frac{1}{r})}$, formulasidan foydalab turli o'lchamlardagi uran rudasi zarralarining fraktal o'lchamini aniqlaymiz (4-rasm).



4-rasm. Logarifmik panjara ustida chizilgan grafik: a) fraksiya o'lchami 0,2 mm bo'lgan uranli ruda; b) fraksiya o'lchami 0,5 mm bo'lgan uranli ruda; c) fraksiya o'lchami 1 mm bo'lgan uranli ruda.

To'g'ri chiziqni olish uchun biz logarifmik to'rdan, logarifmik to'rni yaratish uchun esa Python dasturidan foydalandik. 4-rasmdagi grafikdan foydalanib, biz uran rudalarining har biri uchun qiyalik burchagi va fraktal o'lchamini topdik: $D_1=1,813$ (200 μm fraksiya uchun), $D_2=1,780$ (500 μm fraksiya uchun), $D_3=1,910$ (1 mm fraksiya uchun).

Xulosa

Shunday qilib, fraktal o'lchamlarni aniqlash usulidan foydalanish ikkilamchi texnogen rudalarning tuzilishi, strukturaviy elementlarning bir-biri bilan bog'lanishi haqida miqdoriy ma'lumotlarni olish, shuningdek, murakkab o'ziga o'xshash tuzilmalarning hosil bo'lish mexanizmi haqida taxmin qilish imkonini beradi. Texnogen uran rudalari yuzasini fraktal geometriya nuqtai nazaridan keyingi o'rganishlar rudalarning fraktal o'lchamlarining zarracha o'lchamlariga qarab o'rtacha zichligi kabi muhim xususiyatlarga ta'sirini aniqlash imkonini beradi.



Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

- [1]. Т.В. Чекушина, Е.В. Чекушина. Переработка минеральных отходов урановых рудников с помощью ресурсосберегающих технологий. Вестник РУДН, серия Инженерные исследования, 2012, № 4. С 30-35.
- [2]. International Atomic Energy Agency, Occupational radiation protection in the uranium mining and processing industry, Safety Reports Series No. 100, IAEA, Vienna (2020).
- [3]. Mandelbrot B. The Fractals Geometry of Nature. - №4. - Freeman. - San Francisco, 1982.
- [4]. Додис Я.М. Оценка фрактальной размерности разрушенного взрывом массива горных пород // Вестник КPCY. 2002. № 2. (<http://www.krsu.edu.kg/vestnik/2002/v2/a18.html>).
- [5]. Золотухин И.В. Фракталы в физике твердого тела. - Соросовский образовательный журнал, №7, 1998, с. 108-113.
- [6]. Sheng Zeng, Jinzhu Li, Kaixuan Tan, Shuwen Zhang. Fractal kinetic characteristics of hard-rock uranium leaching with sulfuric acid. <https://doi.org/10.1098/rsos.180403> 19 сентября 2018 г.
- [7]. Омурбекова Г.К. и др. Исследование фрактальной размерности частиц кварцевых песков таш-кумырского и озгурского месторождений. Известия НАН КР, 2022, № 5.