

<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.04.050>  
УДК 548/549.8

**В.В. Ішков**, канд. геол.-мін. наук, доц.  
Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"  
49005, м. Дніпро, Україна, пр-т Дмитра Яворницького, 19  
E-mail: [ishwishw37@gmail.com](mailto:ishwishw37@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-3987-208X>

**Є.С. Козій**, канд. геол. наук, заст. дир.  
Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"  
49005, м. Дніпро, Україна, пр-т Дмитра Яворницького, 19  
E-mail: [kozy.es@gmail.com](mailto:kozy.es@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-2167-6224>

**М.О. Труфанова**, старш. лаборант  
Державний заклад "Дніпропетровська медична академія МОЗ України"  
49044, м. Дніпро, Україна, вул. В. Вернадського, 9  
E-mail: [truf0211@gmail.com](mailto:truf0211@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-6088-689X>

## ОСОБЛИВОСТІ ОНТОГЕНЕЗУ УРОЛІТІВ ЖИТЕЛІВ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

---

*За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, захворюваність населення на сечокам'яну хворобу постійно зростає, причому кількість рецидивів такого захворювання стабільно тримається на рівні 70 %. Мета роботи — виявити деякі особливості онтогенезу уролітів із нирок мешканців Дніпропетровської області, насамперед пов'язані зі структурою і морфологією цих утворень. На підставі порівняльного аналізу морфологічних спостережень більш ніж 300 зразків ниркового каміння жителів Дніпропетровської області було встановлено, що серед них найпоширенішими є сфероліти і друзоподібні агрегати, а також їх комбінації. На поверхні сферолітових утворень зазвичай спостерігаються ділянки прикріплення до ниркових сосочків, а друзоподібні агрегати, як правило, формуються у вільному просторі ниркової миски. Отже, конкретні особливості морфології сечового каменю допомагають установлювати найсприятливіші області сечової системи для їх переважного формування у кожного пацієнта. Уроліти сферичної форми відрізняються зональною будовою. Зональну структуру формує чергування як істотно мінеральних і переважно органічних шарів, так і мінеральних шарів різного складу. У результаті мінерало-петрографічного дослідження сечового каміння у них виявлено 15 мінеральних видів, які переважно є уратними та оксалатними сполуками. Мономінеральні утворення рідкісні — менше 1 %. Різномасштабна мікроблочність і наявність включень органічної речовини — характерні особливості кристалів всіх встановлених мінералів. Центральна частина уролітів зазвичай представлена скупченнями органічної речовини, що містить тонкодисперсну мінеральну складову. У роботі доведено, що такі властивості як забарвлення, розмір, форма і характер поверхні уролітів мешканців Дніпропетровської області є малоінформативними для встановлення їх переважного мінерального складу. Накопичення аналітичного матеріалу з онтогенезу сечового каменю, його структури і мінерального складу та його узагальнення з урахуванням медико-біологічних характеристик кожного пацієнта, геоecологічного стану регіону сприятимуть вирішенню важливого соціального завдання — запобігання поширенню і ефективного лікування сечокам'яної хвороби.*

**Ключові слова:** онтогенез, морфологія, біомінералогія, уроліти, ниркове каміння, сечове каміння, урати, оксалати.

---

Цитування: Ішков В.В., Козій Є.С., Труфанова М.О. Особливості онтогенезу уролітів жителів Дніпропетровської області. *Мінерал. журн.* 2020. 42, № 4. С. 50—59. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.04.050>

**Вступ.** Мінерали біогенного походження є невід’ємними елементами будови багатьох живих організмів. Поряд з генетично фізіогенними мінералами поширені і патогенні біомінерали. До них належать, зокрема, сечове каміння — уроліти, які утворюються унаслідок розвитку сечокам’яної хвороби.

Ще В.І. Вернадський підкреслював [1], що організм людини є невід’ємною частиною земної кори. Через нього протягом життєвого циклу проходять різні хімічні процеси. Одним із проявів цього процесу є здатність людського організму до мінералізації. У цьому плані велике значення має концепція О.П. Виноградова [2] про геохімічні фактори біологічної еволюції, про те, що склад організмів зберігає ознаки його походження.

О.О. Кораго [10, 11] висвітлив основні особливості об’єктів дослідження біомінералогії. Згодом М.П. Юшкін [18] запропонував виділити особливу область досліджень і назвати її медичною мінералогією (В.М. Севергін 1798 року виділив "лікарську мінералогію"). Він рекомендував віднести до цієї галузі досліджень і проблеми вивчення фізіогенних, патологічних мінералів і мінералоутворювальних процесів у організмі людини. К. Лонсдейл [22] уперше звернув увагу дослідників на достовірно встановлену регіональну мінливість розподілу мінеральних типів сечового каменю.

Сечокам’яну хворобу недаремно називають "хворобою цивілізації". За даними Всесвітньої організації охорони здоров’я, за останні 12 років захворюваність на цю хворобу зросла в 1,5 рази. У світі на неї страждає одна людина зі ста. Незважаючи на успіхи в хірургічних методах лікування каміння у нирках, консервативне лікування цієї хвороби нині не можна назвати успішним: багатьом пацієнтам (орієнтовно 70 %) доводиться переносити повторні ниркові кольки і хірургічні операції з приводу рецидиву формування уролітів.

Вивчення уролітів розпочали із застосуванням арсеналу методів мінералогії та петрографії на початку ХХ століття. Вперше в 1922 р. Г. Накано [23], а в 1923 р. Л. Кайзер [21], зробивши тонкі зрізи сечового каменю і вивчивши їхні шліфи в поляризованому світлі за класичною методикою петрографічного аналізу, описали цистин і кристали водних оксалатів кальцію.

Попри того, що уроліти, як матеріальні свідчення наявності у людей сечокам’яної хворо-

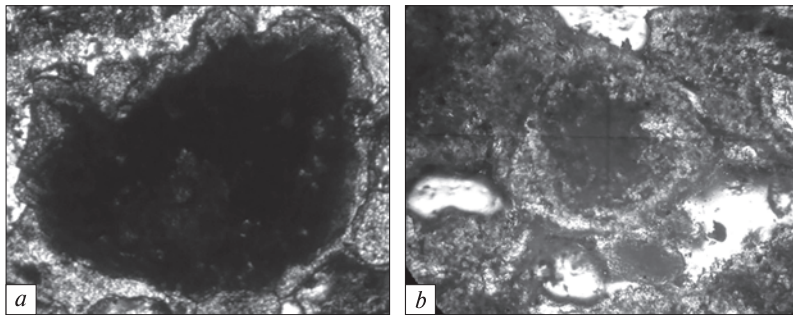
би, неодноразово знаходили в муміфікованих останках зі стародавнього Єгипту (4800 р. до н. е.), а також у похованнях в Індії (1728—1686 роки до н. е.), а в письмових джерелах протягом багатьох століть накопичувались відомості про симптоми захворювання і способи його лікування, багато питань мінералогії, зокрема онтогенії уролітів, залишаються недостатньо вивченими. Нині онтогенія мінералів — розвинутий розділ генетичної мінералогії. Наявна інформація дає змогу за зовнішньою формою і особливостями внутрішньої будови мінералів і мінеральних агрегатів реконструювати умови їх зародження та росту. Багатий досвід дослідження неорганічних сполук може і повинен бути ефективно використаний у біології та медицині для висвітлення можливих механізмів біомінералоутворення в процесах патогенного походження на основі їх геологічних аналогів.

**Мета** роботи — виявити деякі особливості онтогенезу уролітів із нирок мешканців Дніпропетровської області, насамперед пов’язаних зі структурою і морфологією цих утворень.

**Методи дослідження.** Для виконання роботи здійснено порівняльний аналіз морфології більш ніж 300 ниркових уролітів жителів Дніпропетровської області та виконано їх петрографічне дослідження. Морфологію уролітів вивчено за допомогою стереоскопічного біокулярного мікроскопа МБС-9. Мікроскопічне дослідження шліфів уролітів виконане за допомогою оптичного поляризаційного мікроскопа МІН-8.

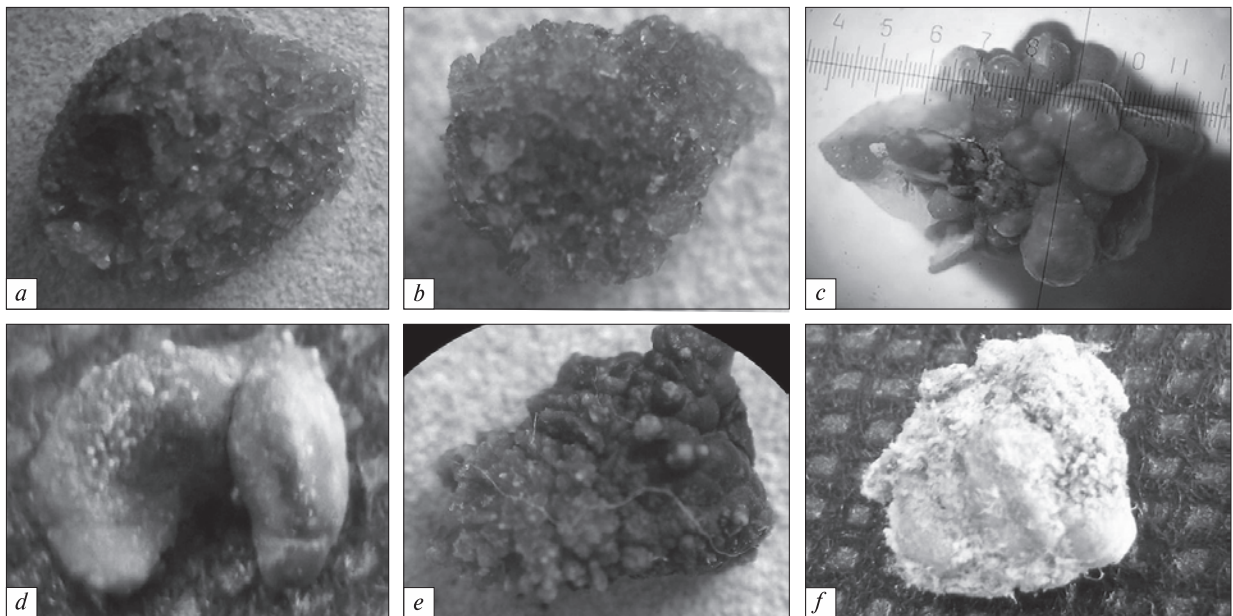
На завершальному етапі результати досліджень інтерпретовано на засадах базових положень онтогенічних праць Д.П. Григор’єва [3, 4] та його учнів і послідовників (М.П. Юшкіна [15, 19], А.Г. Жабіна [4, 5], В.А. Попова [15—17], В.І. Павлишина [13—15] та ін.

**Результати досліджень та їх інтерпретація.** Сечокам’яна хвороба нирок (нирковокам’яна хвороба, нефролітіаз, уролітіаз) у традиційній офіційній медицині — захворювання, пов’язане з утворенням конкрементів (уролітів) у паренхімі, чашках і мисках, нирках та (або) інших органах сечовидільної системи (сечовому міхурі, сечовипускальному каналі). Уроліти — це органо-мінеральні утворення, що з’являються внаслідок порушення фізико-хімічного складу сечі та/або її руху в сечових шляхах. Звичайним у структурі сечового каміння жителів Дніпропетровської області є наявність ядра ("кише-



*Рис. 1.* Центральні частини уролітів із нирок, які мають найбільше поширення у мешканців Дніпропетровської області та складаються із скупчення органічної речовини, імпрегрованої тонкодисперсними кристалами. Шліф, світло прохідне, ніколі не схрещені, зб. 70 $\times$ : *a* — центральна частина уроліта переважно оксалатного складу, *b* — центральна частина уроліта переважно уратного складу

*Fig. 1.* The central parts of uroliths from the kidneys, which are most common in the inhabitants of Dnipropetrovsk region and consist of an accumulation of organic matter impregnated with fine-dispersed crystals. Thin section, transient light, non-crossed nicols, microscope magnification 70 $\times$ : *a* — the central part of the urolite of predominantly oxalate composition, *b* — the central part of the urolite of predominantly urate composition



*Рис. 2.* Зовнішній вигляд типових уролітів жителів Дніпропетровської області, зб. 2,4 $\times$  (*a*–*e* — пояснення у тексті)

*Fig. 2.* Appearance of typical uroliths of the inhabitants of Dnipropetrovsk region, microscope magnification 2.4 $\times$  (*a*–*e* — explanations in the text)

ні"), навколо якого розташована різної товщини оболонка (тіло) уроліта. Як правило, незалежно від мінерального складу самого сечового каменю, ядра складаються із скупчення органічної речовини (своєрідної "матриці"), імпрегрованої тонкодисперсними кристалами (рис. 1).

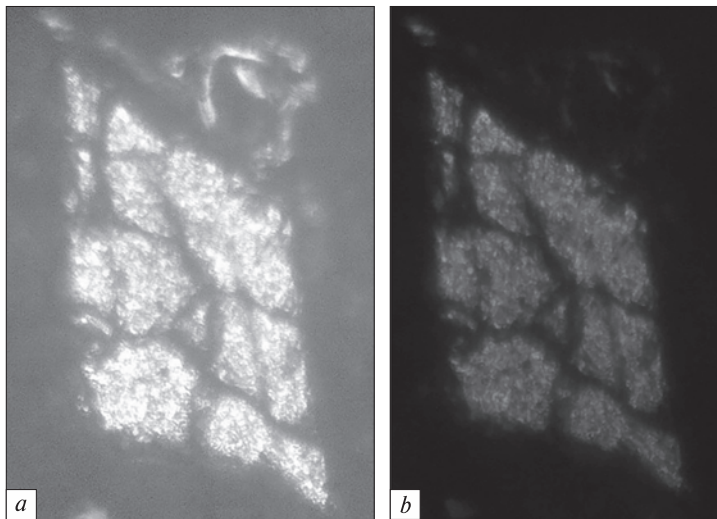
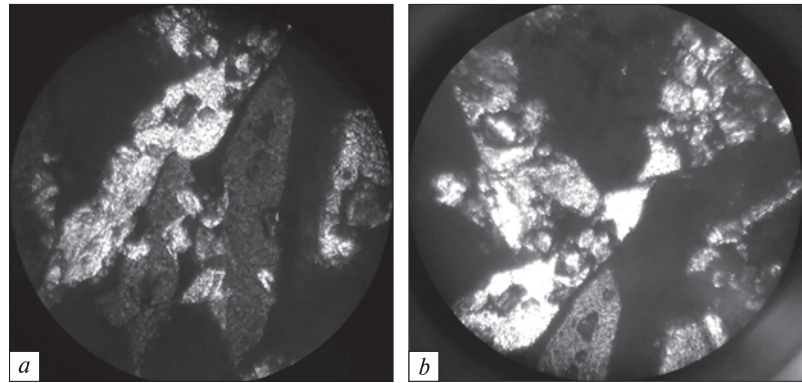
Величина, форма і будова уролітів мешканців Дніпропетровської області різні (рис. 2), як і жителів міста Дніпро [8]. Детально вони описані нижче. Каміння сечовивідних шляхів зазвичай починають формуватися в нирці і можуть збільшитися у сечоводі та/або сечовому міхурі. Залежно від місцезнаходження каменю, його називають "каменем в нирках", "сечоводним каменем" або "каменем сечового міхура".

Визнаною класифікацією мінерального складу уролітів є їх розподіл за аніонним радикалом відповідних кислот. Звичайно сечовий камінь відносять до певного типу за переважною мінеральною компонентою (сполукою), кількість якої перевищує 50 %. Мономінеральними в урології вважають камені, у складі яких одна з кристалічних фаз становить понад 95 % [6]. Переважна більшість досліджених авторами уролітів жителів Дніпропетровської області має змішаний мінеральний склад. Нині в складі ниркового каміння у світі ідентифіковано 29 кристалічних фаз, з яких більшість є сполуками кальцію [7, 13, 14]. Деякі з них трапляються в геологічних об'єктах, інші є специфічним продуктом життєдіяльності організму людини.



*Рис. 3.* Розщеплення кристалів сечової кислоти (а) та кристалів псевдомалахіту (b) з численними вклученнями органічної речовини і ксантиту в шліфах із уролітів жителів Дніпропетровської області. Світло прохідне, ніколи схрещені, зб. 80<sup>×</sup>

*Fig. 3.* Cleavage of uric acid crystals (a) and pseudo-malachite (b) crystals with numerous inclusions of organic matter and xanthite in a thin sections of uroliths of Dnipropetrovsk region inhabitants. Transient light, non-crossed nicols, microscope magnification 80<sup>×</sup>



*Рис. 4.* Одиничний кристал сечової кислоти в шліфі із уроліта жителя Дніпропетровської області розпадається на декілька різномасштабних рівнів різноорієнтованих мікроблоків. Границі мікроблоків 1 рівня бронюють (обмежують) скупчення органічної речовини та об'єднуються в мікроскопічні прожилки різного масштабу: а — світло прохідне, ніколи не схрещені, зб. 100<sup>×</sup>, b — світло прохідне, ніколи схрещені, зб. 100<sup>×</sup>

*Fig. 4.* A single crystal of uric acid in a thin section from urolith of an inhabitant of Dnipropetrovsk region breaks down into several different-scale levels of differently oriented microblocks. It is observed that the boundaries of microblocks of level 1 armor (limit) the accumulation of organic matter and combine into microscopic veins of different scales: a — transient light, non-crossed nicols, microscope magnification 100<sup>×</sup>, b — transient light, crossed nicols, microscope magnification 100<sup>×</sup>

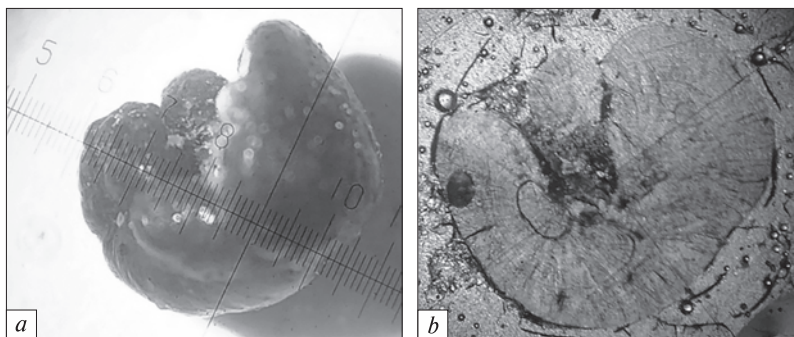
mulation of organic matter and combine into microscopic veins of different scales: a — transient light, non-crossed nicols, microscope magnification 100<sup>×</sup>, b — transient light, crossed nicols, microscope magnification 100<sup>×</sup>

Під час дослідження ниркового каменю жителів Дніпропетровської області за допомогою методів оптичної петрографії ми ідентифікували такі оксалати: ювеліт, уделіт; урати: урикіт, псевдомалахіт, амоноурат, натроурат моногідрат; фосфати: струвіт, гідроксилапатит, брушит, вітлокіт, а також ксантит, цистин, кварц, гіпс і гетит. Мономінеральні утворення трапляються дуже рідко (<1 %), що збігається з даними, які стосуються мешканців м. Дніпро [9].

Насамперед необхідно зазначити, що в умовах високих пересичень сечі компонентами в нирковій мисці повинен домінувати механізм пошарового росту кристалів. При цьому морфологія майбутнього індивіда буде визначена переважно тим, в якій точці грані почнеться наростання чергового ростового шару. Як відомо, у порівняно спокійних умовах кристалізації та низького пересичення, за наявності достатнього вільного об'єму, зазвичай утворюються добре оформлені індивіди, грані

яких макроскопічно гладкі, а ребра — рівні та прямі.

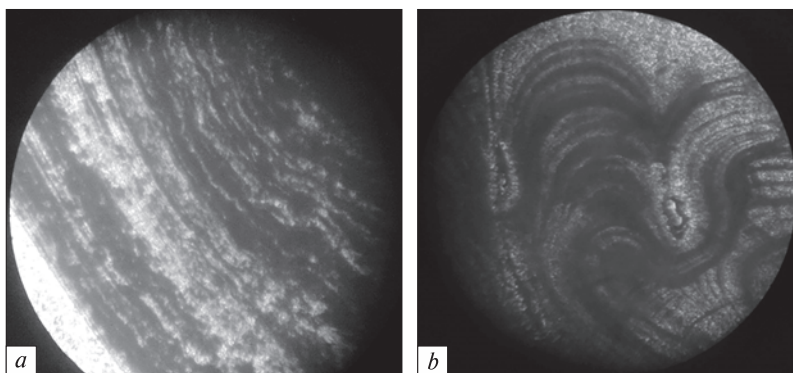
У випадку кристалізації мінералів із середовищ з високим пересиченням, який нас цікавить, кристал може рости не лише завдяки вбудовуванню окремих атомів, а й шляхом осадження на грань росту здебільшого асоціатів — так званих двомірних зародків. Їх приєднання також відбувається переважно поблизу вершин і ребер кристала. Пошарове зростання за цим механізмом йде від ребер до центрів граней, обумовлюючи специфічні морфологічні прояви пошарового росту. Унаслідок високого пересичення і високої швидкості двовимірного зародкоутворення, ростові шари обриваються, не встигнувши досягти центру грані росту. Вони перекриваються черговими шарами, результатом чого є реберне зростання кристалів. Це призводить до знищення плоских граней і появи дендритоподібних скелетних форм та розщеплення кристалів (рис. 3). В умовах дуже



*Рис. 5.* Мікрофотографії морфології та внутрішньої будови сферолітового уроліта із нирки жителя Дніпропетровської області: *a* — особливості морфології сферолітового ниркоподібного агрегату оолітів, збільшення 40<sup>×</sup>; *b* — сферолітовий ниркоподібний агрегат, шліф, світло прохідне, ніколі не схрещені, зб. 40<sup>×</sup>, видно кон-

центрично-зональну і радіально-променисту будову, в центральній частині ("ядрі") агрегату видно скупчення органічної речовини, спостерігаються локальні ділянки ("кармани") концентрації органіки і на периферії зразка

*Fig. 5.* Microphotographs of morphology and internal structure of spherulite urolith from the kidney of a inhabitant of Dni-propetrovsk region: *a* — features of the morphology of the spherulitic kidney-shaped aggregate of oolites, microscope magnification 40<sup>×</sup>; *b* — spherulitic kidney-shaped aggregate, thin section, transient light, non-crossed nicols, microscope magnification 40<sup>×</sup>. Concentric-zonal and radial-radial structure might be seen. The central part ("core") of the aggregate shows presence of visible accumulation of organic matter. Areas ("pockets") of organic concentration are observed locally and on the periphery of the sample



*Рис. 6.* Зональна структура сечових каменів: *a* — простої сферолітової форми переважно оксолатного складу, шліф, ніколі не схрещені, зб. 40<sup>×</sup>; *b* — ниркоподібного агрегату декількох сферолітів, шліф, ніколі не схрещені, зб. 40<sup>×</sup>

*Fig. 6.* Zonal structure of urinary stones: *a* — simple spherulitic form, mainly oxalate composition, thin section, non-crossed nicols, microscope magnification 40<sup>×</sup>; *b* — kidney-shaped aggregate of several spherulites, thin section, non-crossed nicols, microscope magnification 40<sup>×</sup>

високого пересичення, наявності як хімічних, так і механічних домішок (насамперед — органічної речовини), низької температури середовища грань, яка кристалізується, буде втрачати стійкість і розпадатися на серію різноорієнтованих мікроблоків (рис. 4).

Підсумковим продуктом такого процесу може бути розщеплений сферокристал або сфероліт. Імовірно, саме тому більшість уролітів жителів Дніпропетровської області є класичними сферолітами (рис. 5).

Сфероліти сечового каменю, як правило, неоднорідні. У їхній будові зазвичай виділяється кілька зон (рис. 5, *a*; рис. 6). Зональну структуру формує чергування як істотно мінеральних і переважно органічних шарів, так і мінеральних шарів різного складу. Шаруватість вдається спостерігати на різних рівнях дослідження — під час візуального вивчення зразків великих каменів (рис. 7, *a*), і в процесі дослідження деяких ділянок зразків (рис. 1; 5, *b*;

рис. 6). Шарувата будова в сечових каменях сферолітового типу фіксується найчіткіше, дещо гірше — у зернистих агрегатах. Центральна ("ядерна") частина таких уролітів найчастіше представлена скупченням органічної речовини, що відіграє роль своєрідної "затравки" (рис. 1). У цьому випадку сфероліт спочатку формується як полікристалічний агрегат декількох розщеплених індивідів. Субіндивіди, що складають сфероліт, мають конічну форму, але в процесі зростання інтенсивності розщеплення (рис. 3) вони взаємодіють один з одним, підкоряючись закону геометричного відбору. Оптимально орієнтовані індивіди, видовження яких збігається з радіусом майбутнього сфероліту, надалі вони трансформуються в найтонші волокна.

Особливості кристалізаційних явищ у нирці значною мірою визначені тим, що мінералоутворювальне середовище (сеча) характеризується транзиторними пересиченнями і є не

Рис. 7. Уроліти, видалені хірургічним шляхом у жителів Дніпропетровської області, з достовірними ділянками прикріплення до сосочків нирок: *a* — уроліт переважно оксалатного складу, внутрішня поверхня каверни (відбиток ниркового сосочка) рясно насичений органічною речовиною, зб. 8,1 $\times$ ; *b* — уроліт переважно уратного складу, чорні вкраплення на поверхні — макроскопічні розрізнуванні залишки епітелію, зб. 6,2 $\times$

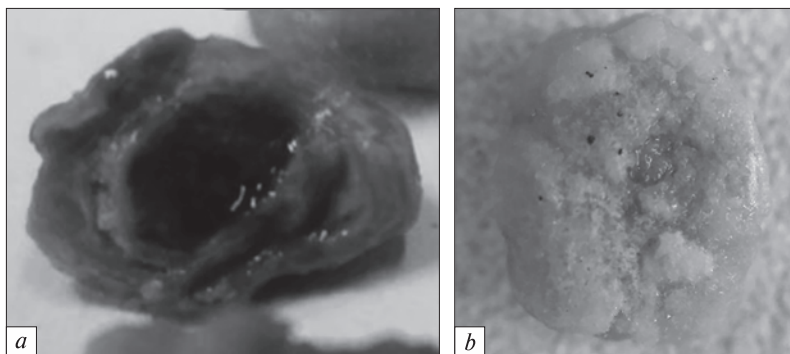


Fig. 7. Uroliths surgically amputated from inhabitants of Dnipropetrovsk region with reliable areas of attachment to the papillae of the kidneys: *a* — urolith with mainly oxalate composition. the inner surface of the cavity (imprint of the kidney papilla) is rich in organic matter, microscope magnification 8.1 $\times$ ; *b* — urolith with mainly urate composition, black inclusions on the surface — macroscopically distinguished remnants of the epithelium, microscope magnification 6.2 $\times$

іонним, а колоїдним розчином. У нормальних фізіологічних умовах цей пересичений розчин зберігає гомогенність й існує без явищ кристалізації. В основі механізму інгібування (запобігання) росту мінеральних фаз у сечовій системі лежить процес утримання катіонів та аніонів у розчиненому стані, завдяки переходу їх хімічно активних іонних форм у комплексні сполуки. Інгібіторами каменеутворення є неорганічні субстанції і макромолекулярні білкові сполуки [20]. Водночас, реальні форми знаходження іонів  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $(\text{C}_2\text{O}_4)^{2-}$ ,  $(\text{PO}_4)^{3-}$ ,  $(\text{HPO}_4)^{2-}$  й інших поєднань у сечі часто невідомі. Тому навіть знання їх абсолютних концентрацій не допомагає достовірно прогнозувати формування каміння певного мінерального складу в організмі конкретного пацієнта.

При цьому необхідно враховувати, що одні й ті ж компоненти сечі залежно від типу уролітіазу є або інгібіторами, або своєрідними промоторами каменеутворення, що надзвичайно ускладнює завдання пошуку кількісних закономірностей, які пов'язують особливості сечі з характером каменеутворення. У першому наближенні задовільний клінічний прогноз може бути, ймовірно, отриманий шляхом визначення активності всіх катіонів та аніонів (зокрема комплексних), з урахуванням їхньої іонної сили і рН сечі. Однак такі визначення досить трудомісткі і складні. Окрім того, багато дослідників вважають, що визначення лише добової екскреції компонентів для встановлення типу каменеутворення не має діагностичної цінності.

Необхідно наголосити, що на механізм утворення уролітів не може не впливати термодинамічний стан сечі. Її перенасичення познача-

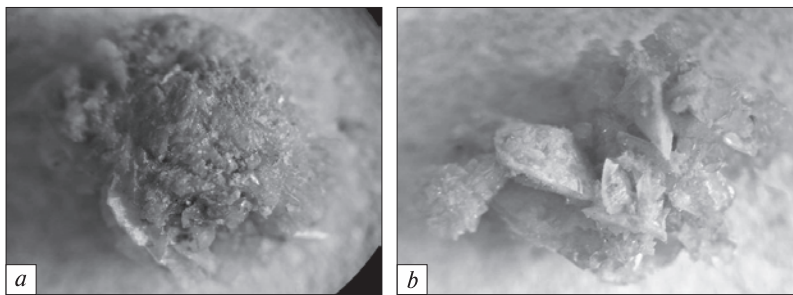
ється на зміні поверхневої вільної енергії межі рідина — тверде тіло. Це призводить до підвищення активності процесів нуклеації, агрегації й епітаксії кристалів.

У формуванні сечового каменю важливу роль відіграють не лише термодинамічні, але і кінетичні чинники. Це різко ускладнює фізико-хімічний аналіз потенційних кристалізаційних явищ і вимушує комплексно врахувати ступінь пересичення розчину, наявність інгібіторів, що перешкоджають виникненню мікрокристалів і їх агрегації, характер органічної матриці, явища епітаксії, а також позицію, в якій відбулося зародження і розростання уроліту.

Утворення мінеральних фаз у такому складному "кристалізаторі" як нирка буде визначатися, по-перше, колоїдним станом розчину і його високим пересиченням, по-друге, дискретним характером надходження рідини в ниркову миску і, по-третє, стислістю періодів наповнення і спорожнення ниркової миски. В середньому фаза наповнення миски сечею триває 10—20 с, а її спорожнення — 1—3 с. Пауза між випорожненнями становить від 20 до 120 с. На цій підставі найімовірнішим є механізм гетерогенної нуклеації мінеральних індивідів у нирці, оскільки індукційний період, що не перевищує двох хвилин, занадто малий для здійснення самовільного зародження мікрокристалів навіть у висококонцентрованих середовищах.

Теоретично генерація кристалів можлива у будь-якому відділі сечової системи. Гомогенна нуклеація завжди потребує значного індукційного періоду і, отже, можлива лише у відносно стабільних гідродинамічних умовах, які відсутні в нирці. Для формування будь-

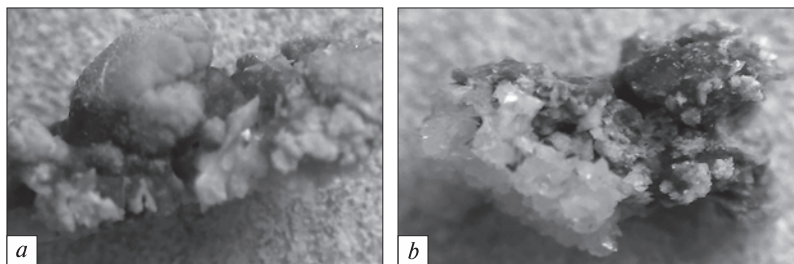




*Рис. 8.* Друзоподібна будова уролітів, вилучених хірургічним шляхом із ниркової миски жителів Дніпропетровської області: *a* — уроліт переважно оксалатного складу, зб. 3,2<sup>×</sup>, *b* — уроліт переважно уратного складу, зб. 3,6<sup>×</sup>

*Fig. 8.* Druse-shaped structure of uroliths surgically amputated from the kidney pelvis of inhabitants of Dnipropetrovsk region: *a* — urolith with mainly oxalate composition, microscope magnification 3.2<sup>×</sup>, *b* — urolith with mainly urate composition, microscope magnification 3.6<sup>×</sup>

liths surgically amputated from the kidney pelvis of inhabitants of Dnipropetrovsk region: *a* — urolith with mainly oxalate composition, microscope magnification 3.2<sup>×</sup>, *b* — urolith with mainly urate composition, microscope magnification 3.6<sup>×</sup>

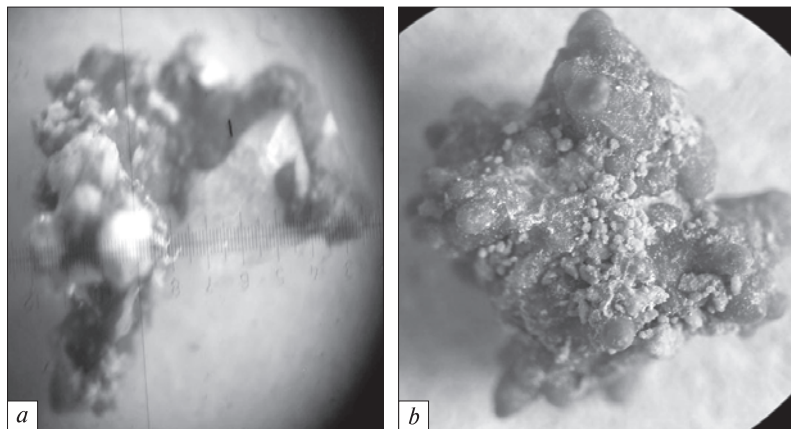


*Рис. 9.* Полімінеральні уроліти, вилучені хірургічним шляхом із нирок жителів Дніпропетровської області, які виростають із ниркових сосочків у вільний простір ниркової миски: *a* — на уроліт ксантим-оксалатного

складу наростає в сторону ниркової миски друзоподібний агрегат переважно уратів, зб. 2<sup>×</sup>, *b* — на уроліт оксалатного складу наростає в сторону ниркової миски друзоподібний агрегат переважно уратів, зб. 2,4<sup>×</sup>

*Fig. 9.* Polymineral uroliths surgically amputated from the kidneys of inhabitants of Dnipropetrovsk region, which grows from the kidney papillae into the free space of the kidney pelvis: *a* — on the urolith of xanthine-oxalate structure. The drusoid aggregate of mainly urate grows towards the kidney pelvis, microscope magnification 2<sup>×</sup>, *b* — druse-shaped aggregate, predominantly urate that grows on the urolith of oxalate composition in the direction of the kidney pelvis, microscope magnification 2.4<sup>×</sup>

*Рис. 10.* Коралоподібні уроліти полімінерального складу, вилучені хірургічним шляхом із миски нирок жителів Дніпропетровської області: *a* — коралоподібний уроліт, в якому добре спостерігаються відношення між первинним агрегатом оксалатів і пізнішими відносно великими кристалами псевдомалахіту і гідрату сечової кислоти (світле забарвлення), зб. 2,8<sup>×</sup>; *b* — коралоподібний уроліт переважно оксалатного складу (темне забарвлення) з розташованими на поверхні зразка зростками кристалів дигідрату сечової кислоти (світле забарвлення), зб. 2,3<sup>×</sup>



*Fig. 10.* Coral-shaped uroliths of polymineral composition surgically amputated from the kidney pelvis of inhabitants of Dnipropetrovsk region: *a* — coral-shaped urolith which show the relationship between the primary oxalate aggregate and later relatively large crystals of pseudo-malachite and uric acid hydrate (light color), microscope magnification 2.8<sup>×</sup>; *b* — coral-shaped urolith of mainly oxalate in composition (dark color) with growths of crystals of uric acid dihydrate (light color) located on the surface of the sample, microscope magnification 2.3<sup>×</sup>

якого мінерального індивіда принципово важливий етап появи "зародка". Виконаний авторами аналіз переконливо свідчить про те, що кристалічні зародки, які стають ядрами тих конкрементів, розростання яких відбувається в мисці, можуть бути генеровані лише самою ниркою.

Принципово важливою для формування уроліту слід визнати можливість утримання мікрокристала і його прикріплення. Очевидно, що видалення мікрокристалів або їх органічних асоціатів з сечового тракту потоком рідини робить розростання уроліту неможливим. Морфологічний аналіз насамперед сечового каме-

ню сферолітової форми малого і середнього розміру (1—10 мм у діаметрі) дає змогу виявити серед них багато каменів, що мали достовірні точки прикріплення до сосочків нирки (84 %). Ці ділянки виділялися на поверхні уроліта як поглиблення з характерною скульптурою обриву ростових шарів мінерального агрегату там, де він стикався з м'якими тканинами, отже був ізольований від ростового середовища (рис. 7).

Морфологія так званих "зрілих" уролітів значною мірою визначається позицією, де вони локалізовані. Сечове каміння, що вільно перемішалося в межах миски нирки, мало можливість нарощувати нові безперервні шари мінеральної речовини за умов рівномірного живлення, і тому зазвичай має округлу або еліптичну форму і хоча б частково, друзоподібну будову (рис. 8). Уроліт, що формується в обмеженому просторі і перебуває в тривалому контакті з м'якими тканинами, завжди має очевидну асиметрію, обумовлену відмінностями в режимі харчування. Частина такого конкременту, звернена у вільний простір, постійно забезпечується "будівельним матеріалом", унаслідок чого зростає випереджувальними темпами, тоді як зростання частки каменю, що стикається з епітеліальним покривом, може бути сповільнено або цілком заблоковано (рис. 9).

У разі стрімкого зростання конкремент здатний, розростаючись у напрямі вільного простору нирки, формувати її "зліпок". Так утворюється доволі рідкісне в умовах Дніпропетровської області коралоподібне каміння (рис. 10).

Забарвлення дослідженого сечового каменю досить різноманітне. Воно може бути від темно-коричневого (практично чорного) (рис. 2, e) до білого (рис. 2, f), навіть у межах одного зразка. Каміння темних відтінків (рис. 2, a, b, d, e) утворюється за рахунок проникнення пігментів сечі (уроохром, уроерітрин, гематин) і накопичення органічної речовини у разі некрозу ниркових сосочків. Отже, за кольором уроліту не можна судити про його мінеральний склад.

Розмір вивченого каменю варіює від декількох міліметрів до декількох сантиметрів. При цьому спостерігається тенденція наявності великих уролітів частіше у чоловіків, ніж у жінок, що збігається з висновками, викладеними у [12].

Поверхня досліджених уролітів у більшості випадків не гладка, її характер зазвичай визначений різномасштабно сформованими верши-

нами і ребрами кристалів (рис. 2, a—c), найчастіше скелетної форми. Переважає ниркоподібна форма, яка являє собою комбінацію сферолітів різних розмірів (рис. 2, d). Особливо наочно це простежується під час аналізування уролітів малих і середніх розмірів. Водночас, сечові камені розміром понад 1 см і більше частіше представлено друзоподібними агрегатами (рис. 8) або комбінацією друзо- та ниркоподібних агрегатів (рис. 9), що свідчить про їх переважне формування у нирковій мисці. Оскільки більшість ниркових каменів має полімінеральний склад, то однозначної залежності морфології від мінерального складу виявити не вдається.

**Висновки.** Розмір, форма, мінеральний склад і будова уролітів мешканців Дніпропетровської області досить різноманітні. Найчастіше трапляються сфероліти і друзоподібні агрегати, а також їхні комбінації. На поверхні сферолітових утворень сечового каменю зазвичай спостерігаються ділянки прикріплення до ниркових сосочків. Друзоподібні агрегати, як правило, формуються у вільному просторі ниркової миски. У складі ниркового каменю за допомогою методів оптичної петрографії було встановлено наявність 15 мінеральних видів, серед яких переважають оксалатні та уратні сполуки. Мономінеральні утворення трапляються дуже рідко — менше 1 %. Центральна частина уролітів зазвичай представлена скупченнями органічної речовини, що містить тонкодисперсну мінеральну складову. Характерною особливістю всіх без винятку мінеральних індивідів є їхня різномасштабна мікроблочність і наявність включень органічної речовини.

Такі характеристики як забарвлення, розмір, форма і характер поверхні уролітів мешканців Дніпропетровської області є малоінформативними для встановлення їх мінерального складу. Отже, досі чинна практика визначення складу уролітів за їхніми зовнішніми ознаками, яку застосовують урологи-практики, на підставі яких формується призначення медикаментозних і дієтичних рекомендацій, є науково не обґрунтованою й практично неприйнятною. Найімовірніше, саме такий підхід і призводить до великої кількості проявів рецидивів сечокам'яної хвороби.

Тільки комплекс різномасштабних досліджень, що поєднує морфологічний аналіз зразка і його петрографічне дослідження, спрямоване на виявлення структурних особливостей і



мінерального складу уроліту, дає змогу упевнено встановити основні закономірності його онтогенезу і визначити адекватне і однозначне рішення у виборі способів і методів профілактики цього захворювання.

Накопичення аналітичного матеріалу з онтогенезу уролітів та його узагальнення з урахуванням місцевих умов і стану довкілля сприяє

вирішенню важливого соціального завдання — запобігання поширенню і забезпечення ефективного лікування сечокам'яної хвороби.

Перспективи подальшого вивчення уролітів полягають у дослідженні зв'язку між особливостями їх онтогенезу, медико-біологічних показників хворих і геоecологічних характеристик регіонів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Вернадский В.И. Живое вещество. Москва: Наука, 1978. 358 с.
2. Виноградов А.П. Геохимия и биохимия (по работам Биогеохимической лаборатории АН СССР). *Успехи химии*. 1938. 7. С. 645—686.
3. Григорьев Д.П. Онтогенез минералов. Львов: Изд-во Львов. ун-та, 1961. 281 с.
4. Григорьев Д.П., Жабин А.Г. Онтогенез минералов (индивидулы). Москва: Наука, 1975. 339 с.
5. Жабин А.Г. Онтогенез минералов (агрегаты). Москва: Наука, 1979. 275 с.
6. Зубарев В.А. Комплексная клинико-рентгенологическая диагностика структурно-плоскостного и химического состава мочевых камней у больных уролитиазом: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Центр. НИИ рентгенодиагност. ин-т МЗ РФ, СПб., 2001. 23 с.
7. Зук Ф.В. Мінералогія уролітів: автореф. дис. ... д-ра геол. наук. Львів: Львівськ. нац. ун-т ім. Івана Франка, 2005. 52 с.
8. Ишков В.В., Светличный Э.А., Труфанова М.А. Особенности морфологии уролитов жителей города Днепропетровска. *Зб. наук. пр. Нац. гірничого ун-ту*. 2015. № 46. С. 5—10.
9. Ишков В.В., Светличный Э.А., Труфанова М.А. О минеральном составе уролитов жителей города Днепропетровска. *Зб. наук. пр. Нац. гірничого ун-ту*. 2015. № 47. С. 5—14.
10. Кораго А.А. Введение в биоминералогію. СПб.: Недра, 1992. 280 с.
11. Кораго А.А. Жемчуг Северо-Запада СССР. *Зап. Всесоюз. минерал. о-ва*, 1976. Ч. 105, вып. 3. С. 282—294.
12. Лонсдейл К., Сьютор Д. Кристаллографические исследования почечных и желчных камней. *Кристаллография*. 1971. 16, № 6. С. 1210—1219.
13. Павлишин В.І., Матковський О.І., Довгий С.О. Генезис мінералів. Київ: ВПЦ "Київ. ун-т", 2003. 690 с.
14. Павлишин В.І., Матковський О.І., Довгий С.О. Генезис мінералів. Київ: КНТ, 2007. 556 с.
15. Павлишин В.И., Юшкин Н.П., Попов В.А. Онтогенетический метод в минералогии. Киев: Наук. думка, 1988. 120 с.
16. Попов В.А. Практическая кристалломорфология минералов. Свердловск: Изд. УНЦ АН СССР, 1984. 192 с.
17. Попов В.А. Практическая генетическая минералогія. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 167 с.
18. Юшкин Н.П. Теория и методы минералогии. Ленинград: Недра, 1977. 290 с.
19. Юшкин Н.П. Топоминералогія. Москва: Недра, 1982. 288 с.
20. Hesse A., Brandle E., Wilbert D., Kohrmann K.-U., Alken P. Prevalence and incidence of urolithiasis in Germany an epidemiologic update. *10<sup>th</sup> European symposium on urolithiasis*. Istanbul, 2003. P. 174.
21. Keyser L. The etiology of urinary lithiasis, an experimental study. *Arch. Surg.* 1923. 6 (2). P. 525—553.
22. Lonsdale K. Human Stones. *Science*. 1968. 159. P. 1199—1207.
23. Nakano H. Beiträge zur kemtnis der in den harnsteinen euthaltenen substanzen. *Biochem.*, 1922. Bd. 2. S. 437—441.

Надійшла 18.06.2020

## REFERENCES

1. Vernadskiy, V.I. (1978), *Living Matter*, Nauka, Moscow, RU, 358 p. [in Russian].
2. Vinogradov, A.P. (1938), *Uspekhi Khimii*, Vol. 7, RU, pp. 645-686 [in Russian].
3. Grigoriev, D.P. (1961), *Ontogeny of minerals*, Publ. house of Lviv. Univ., Lviv, UA, 281 p. [in Russian].
4. Grigoriev, D.P. and Zhabin, A.G. (1975), *Ontogeny of minerals (individuals)*, Nauka, Moscow, RU, 339 p. [in Russian].
5. Zhabin, A.G. (1979), *Ontogeny of minerals (aggregates)*, Nauka, Moscow, RU, 275 p. [in Russian].
6. Zubarev, V.A. (2001), *Complex clinical and radiological diagnostics of structural-planar and chemical composition of urinary stones in patients with urolithiasis*, Abstr. PhD dissert. Med. Sci., St. Petersburg, RU, 23 p. [in Russian].
7. Zuzuk, F.V. (2005), *Mineralogy of uroliths*, Abstr. DrSc dissert. Geol. Sci., Lviv, UA, 52 p. [in Ukrainian].
8. Ishkov, V.V., Svetlichnyi, E.A. and Trufanova, M.A. (2015), *Coll. research papers of Nats. Mining Univ.*, Vol. 46, Dnipropetrovsk, RU, pp. 5-10 [in Russian].
9. Ishkov, V.V., Svetlichnyi, E.A. and Trufanova, M.A. (2015), *Coll. research papers of Nats. Mining Univ.*, Vol. 47, Dnipropetrovsk, RU, pp. 5-14 [in Russian].
10. Corago, A.A. (1992), *Vvedenie v biomineralogiyu*, Nedra, St. Petersburg, RU, 280 p. [in Russian].
11. Corago, A.A. (1976), *Зап. Всесоюз. минерал. об-ва*, Ch. 105, Iss. 3, RU, pp. 282-294 [in Russian].

12. Lonsdale, K. and Sutor, D. (1971), *Crystallography*, Vol. 16, No. 6, RU, pp. 1210-1219 [in Russian].
13. Pavlyshyn, V.I., Matkovskiy, O.I. and Dovhyi, S.O. (2003), *Genesis of minerals*, Kyiv, UA, 690 p. [in Ukrainian].
14. Pavlyshyn, V.I., Matkovskiy, O.I. and Dovhyi, S.O. (2007), *Genesis of minerals*, Kyiv, UA, 556 p. [in Ukrainian].
15. Pavlyshyn, V.I., Yushkin, N.P. and Popov, V.A. (1988), *Ontogenicheskiy metod v mineralogii*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 120 p. [in Russian].
16. Popov, V.A. (1984), *Prakticheskaya kristallomorfologiya mineralov*, Publ. House Ural. Sci. Center Acad. Sci. USSR, Sverdlovsk, RU, 192 p. [in Russian].
17. Popov, V.A. (2011), *Prakticheskaya geneticheskaya mineralogiya*, Ural Branch of the RAS, Ekaterinburg, RU, 167 p. [in Russian].
18. Yushkin, N.P. (1977), *Theory and methods of mineralogy*, Nedra, Leningrad, RU, 290 p. [in Russian].
19. Yushkin, N.P. (1982), *Topomineralogy*, Nedra, Moscow, RU, 288 p. [in Russian].
20. Hesse, A., Brandle, E., Wilbert, D., Kohrmann, K.-U. and Alken, P. (2003), *Theses of 10<sup>th</sup> European symp. on urolithiasis*, Istanbul, p. 174.
21. Keyser, L. (1923), *Arch Surg.*, Vol. 6 (2), pp. 525-553.
22. Lonsdale, K. (1968), *Science*, Vol. 159, pp. 1199-1207.
23. Nakano, H. (1922), *Biochem.*, Bd. 2, pp. 437-441.

Received 18.06.2020

V.V. Ishkov, PhD (Geology and Mineralogy). Assistant Prof.

Dnipro University of Technology

49005, Dnipro, Ukraine, Dmytro Yavornytsky Ave., 19

E-mail: ishwishw37@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3987-208X>

Ye.S. Kozii, PhD (Geology). Deputy Director

Dnipro University of Technology

49005, Dnipro, Ukraine, Dmytro Yavornytsky Ave., 19

E-mail: koziy.es@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-2167-6224>

M.O. Trufanova, Senior Laboratory Assistant

State Institution "Dnipropetrovsk Medical Academy  
of the Ministry of Health of Ukraine"

49044, Dnipro, Ukraine, Vernadsky Str., 9

E-mail: truf0211@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-6088-689X>

#### SOME PECULIARITIES OF UROLITH ONTOGENY OF THE INHABITANTS OF DNIPROPETROVSK REGION

According to the data of World Health Organization, the incidence of a disease of inhabitants with urolithiasis is constantly growing; moreover the number of recurrences of this disease is stable at 70%. The purpose of the work is to identify some features of the ontogenesis of uroliths from the kidneys of the inhabitants of Dnipropetrovsk region, primarily related to the structure and morphology of these formations. Based on comparative analyzes of morphological observations of more than 300 kidney stones investigated in inhabitants of Dnipropetrovsk region, it was found that spherulites and druse-like aggregates as well as their combinations are the most common among them. Moreover areas of attachment to renal papillae are usually observed on the surface of spherulitic formations and, as a rule, druse-like aggregates are formed in free space of a renal pelvis. Therefore, the specific features of the morphology of urinary stones allow to establish the most favorable areas of the urinary system for their predominant formation in each patient. Uroliths of spherical shape differ in zonal structure, while the zonal structure is formed by the alternation of both essentially mineral and mainly organic layers, and mineral layers of different composition as well. Mineralogical and petrographic studies of urinary stones revealed the presence of 15 mineral species, mainly urate and oxalate compounds, with monomineral formations occurring in less than 1%. Multiscale microblocking and the presence of organic matter inclusions are characteristic features of the crystals of all established minerals. The central part of the uroliths is usually represented by accumulations of organic matter containing a highly dispersed mineral component. It is proved that such characteristics as color, size, shape and character of the surface of uroliths of the inhabitants of Dnipropetrovsk region are not very informative for the establishment of their predominant mineral composition. The accumulation of analytical material on the ontogenesis of urinary stones, their structure and mineral composition and its generalization, taking into account the medical and biological characteristics of each patient and the geoecological state of the region, could contribute to solution of an important social task — prevention and effective treatment of urolithiasis.

**Keywords:** ontogenesis, morphology, biomineralogy, uroliths, kidney stones, urinary stones, urates, oxalates.