

УДК 549.8+549.9

ПРОБЛЕМИ БІОМІНЕРАЛОГІЇ НА СТИКУ ХХ–ХХІ СТОЛІТЬ (НА ПРИКЛАДІ ЛЮДИНИ)

Ф. Зузук

Волинський державний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк

Геологічній науці ХХІ ст., безсумнівно, буде властивий активний розвиток біомінералогії. У статті її розвиток описано на прикладі біомінералогії людини головню у двох напрямках – фізіологічна біомінералогія та патологічна біомінералогія. Найважливіші проблеми вивчення біомінералогії людини такі: поширення захворювань залежно від зовнішніх чинників; мінералогія патологічних утворень і мікроелементи в патологічних утвореннях. Стислий аналіз проблем біомінералогії на прикладі людини засвідчує, що ця галузь науки у ХХІ ст. розвиватиметься швидкими темпами. Це зумовлено потребою збереження здоров'я людини, лікування та профілактики захворювань, розробкою та впровадженням нових біоматеріалів і біотехнологій.

Ключові слова: біомінералогія, людина, патогенне мінералоутворення, органічна речовина, мікроелементи.

Геологічна наука ХХІ ст. буде, очевидно, вирізнятися активним розвитком біомінералогії, яка є містком між живою та неживою матерією. Як зазначає акад. М. П. Юшкін [1], живі організми – це потужний геологічний чинник, який відіграв, відіграє і відіграватиме важливу роль не тільки в утворенні, а й перетворенні мінеральної речовини під час формування літосфери. Про загальні проблеми біомінералогії як окремого напрямку мінералогії опубліковано багато наукових праць [2–12]. Окремі аспекти розвитку біомінералогії як галузі науки описано в [13].

Більшість авторів зазвичай поділяють біогенні мінерали на фізіогенні та патогенні утворення. М. П. Юшкін [1], аналізуючи відому інформацію про біомінерали, пропонує виділяти шість їхніх генетичних типів: біомінерали-організми; біомінерали, сформовані в живих організмах; біомінерали, сформовані поза організмом; біомінерали, укорінені в організмі; біомінерали, що утворилися внаслідок кристалізації та хімічних перетворень органічної речовини; біомінерали, що сформувалися завдяки кристалізації біомінералоїдів. Наведена класифікація засвідчує, який великий інформаційний простір охоплює ця галузь мінералогічних знань, де кожний генетичний тип має свої проблеми, що потребують вирішення.

Розглянемо мінерали, сформовані в живих організмах. Ці мінерали охоплюють три генетичних підтипи: біомінерали, фізіологічно необхідні організму; патологічні біомінерали; біомінерали, які виділяються в середовище як продукти життєдіяльності організму. Опишемо перші два підтипи мінералоутворення в живих організмах на прикладі людини.

Біомінерали, фізіогенно необхідні організму. Ці мінерали формують скелети організмів тварин і людини. Головними серед них є карбонати, фосфати й оксиди

кремнію [3]. У ссавців, і людини зокрема, – це фосфати (апатит). Значну інформацію про будову костей і роль у ній апатиту відшукуємо в [14]. Процес мінералізації костей і зубів з фізіогенних позицій ґрунтовно описаний у [15]. Автори зазначають, що висока впорядкованість волокон органічної матриці сприяє епітаксійній кристалізації на ній апатиту. Згідно з [16, 17], кристалики апатиту в кістках витягнуті віссю шостого порядку вздовж волокон колагену, з віком людини їхній розмір зростає. М. Pawlikowski [18] стверджує, що, наприклад, кількість апатиту в стегновій кістці найбільша в надкiсници і зростає до віку 40 років, тоді як після 40 його рівень знижується і вже у 80 років становить близько 50 % від початкового, причому шийка стегнової кістки вміщує менше мінералу, ніж головка й основна частина. В. М. Білобров, Н. М. Богдан [19] також вважають, що склад і будова біомінералів у кістках різних людей однакові, хоча в окремих ділянках однієї людини – відмінний.

Найбільше інформації є про вміст та особливості апатиту в зубах [20]. Багато уваги біогенному апатиту приділяли також інші дослідники. Наприклад, у працях [21–23] описано структурні особливості мінералу та ізоморфні заміщення в ньому. З'ясовано, що особливу роль відіграє заміна $\text{PO}_4 \rightarrow \text{CO}_3$ (позиція А) та $\text{F} \rightarrow \text{OH}$, CO_3 (позиція В). Детально вивчені структурні зміни апатиту в зубах людини в разі температурної обробки [21]. Це має важливе значення для їхнього лікування. Заміщення Са на Sr у біогенному апатиті зумовлює виникнення урівської хвороби, відомої в одному з районів Читинської обл. (Росія), а також у північних районах Китаю та Кореї. У кістках людини виявлено до 30 мікроелементів, які відіграють різну роль у процесі їхнього формування. Очевидно, ця кількість змінюється не тільки з віком, а й залежно від стану зовнішнього середовища, що потребує детального аналізу.

Цей дуже короткий огляд свідчить, що сьогодні є велика потреба в узагальненій праці з біомінералогії скелета людини, яка охоплювала б як фізіогенні проблеми формування кістки з позиції мінералога, так і всебічне вивчення апатиту як основного мінералу, що бере участь у формуванні кісток і зубів, з урахуванням віку і статі людини.

На особливу увагу заслуговує взаємозв'язок апатиту з органічною складовою кісток і зубів. Важливу роль у майбутніх дослідженнях повинен відігравати стереографово-електронно-мікроскопічний метод, який дає змогу кількісно дослідити не тільки морфоскульптуру порожнин у кістах і зубах, а й особливості поверхні кристаликів апатиту та їхньої морфології в цілому аж до визначення символів граней [24]. Крім того, особливо важливе питання про вплив на стан скелета і зубів людини забруднення довкілля техногенними відходами, а також радіоактивними продуктами після Чорнобильської аварії. Рівень забруднення території України добре описано в [25, 26]. Нарешті, за наявності відповідного статистичного матеріалу виникне потреба в аналізі мінерального та біогеохімічного стану кісток і зубів народів різних країн і континентів, що можна виконати відповідним картографуванням. Це дасть змогу вирішувати проблему в просторі й часі.

Патогенне мінералоутворення. Питання патогенного мінералоутворення охоплює патологічні зміни в кістках і зубах людини (карієс, подагра, остеофіти, остеокласти тощо), каміння сечостатевої системи, жовчних шляхів, слинних залоз, підшлункової залози, зубні камені, камені очей, біоліти кишечника та легень, новоутворення в судинах, м'язах, зокрема серця, мозку, зло- і доброякісних пухлинах тощо. Серед усіх цих патогенних утворень найбільше вивчені з позиції мінералогії конкременти сечостатевої системи та жовчних шляхів. На наш погляд, у XXI ст. в

разі вивчення біомінералогії патогенних утворень в організмі людини вирішуватимуться такі проблеми: поширення недуги залежно від зовнішнього чинника; мінералогія патогенних утворень; органічна речовина в мінеральних утвореннях; мікроелементи в патогенних утвореннях та ін.

Поширення недуги залежно від зовнішнього чинника. Розглянемо це явище на прикладі сечокам'яної хвороби. Як видно з рис. 1, випадки сечокам'яної хвороби нерівномірно поширені у світі, що свідчить про значний вплив на хворобу забруднення зовнішнього середовища та соціального стану суспільства [27, 28]. Нерівномірність поширення простежується не тільки у світі, а й у межах окремих країн [29–34]. Серед соціального чинника особливу роль відіграють умови праці та особливості харчування [35–37].

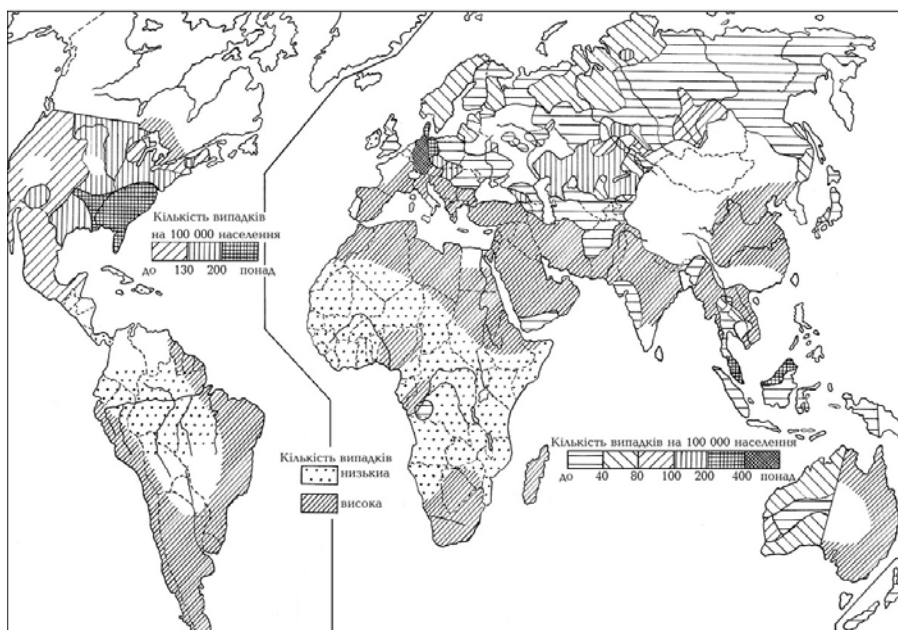


Рис. 1. Випадки поширення сечокам'яної хвороби серед населення світу (карта складена на підставі понад 240 опублікованих наукових праць)

Порівняльний аналіз статистичних даних про віковий і статевий цenz хворих різних країн Європи, Азії, Африки, Америки та Австралії засвідчує, що в XIX ст. і раніше хворіли головню діти, причому чоловічої статі. Недуга стосувалася здебільшого нижніх сечових шляхів. У XX ст., особливо у другій його половині, хворіли дорослі здебільшого у віці 40–60 років, причому переважно з локалізацією каміння у верхніх сечових шляхах. Кількість хворих чоловіків і жінок в економічно розвинутих державах зрівноважена, тоді як у слаборозвинутих країнах це співвідношення коливається в межах 1,5–2,0 [38]. Зазначимо, що в так званому кам'яному поясі (від Туреччини до Китаю включно) у другій половині XX ст. серед міських хворих виявилася закономірність розвинутих країн, тоді як у сільській місцевості зберігалася тенденція XIX ст. Крім того, мінеральний склад каменів також змінився з

огляду на соціальний стан суспільства, тобто в разі низького життєвого рівня переважає уратове каміння, а в разі високого – фосфатно-оксалатові утворення, що видно на прикладі США, Німеччини та інших розвинутих країн Європи [27, 28].

Приблизно така ж ситуація із жовчнокам'яною недугою. Наприклад, у країнах із низьким життєвим рівнем каміння у хворих переважно локалізоване у жовчних протоках (Китай), а з високим – у жовчному міхурі (США, Європа) з відповідним мінеральним складом: білірубінаткальцієвим та холестеринним [39].

Мінерали патогенних утворень. Мінеральний склад патогенних утворень – це головню оксалати, фосфати та урати. Всі ці складові, зокрема із сечового каміння, досить детально вивчали рентгенівським, ІЧ-спектроскопічним і термічним методами [40, 41]. Частково відома інформація про морфологічні особливості індивідів та агрегатів окремих оксалатів, фосфатів, уратів [42–48]. Детальну кристалографічну характеристику подано тільки для сечової кислоти [49]. Дендритоподібну кристалізацію, наприклад, холестерину вивчали навіть з позицій фрактальної геометрії [50, 51].

Онтогенічне вивчення сечового каміння свідчить, що це конкреції. Такими ж є жовчні біоліти та утворення в інших залозах внутрішньої секреції людини [52, 53]. Серед них розрізняють сфероїдолітові сфероліти, відкриті дендритоподібні сфероліти, ооліти, власне зернисті агрегати. Досить часто вони вирізняються чергуванням різних структурних мотивів [54, 55]. Зазначимо, що кристалізація каменеутворювальних мінералів (як індивідів, так і агрегатів) підпорядкована тим же законам, що і в геологічних об'єктах, тобто індивіди та агрегати формуються у вигляді двійників, сфероїдолітів, дендритів, розеткоподібних зростань тощо (рис. 2–5). Крім того, важливу роль у формуванні мінералів відіграють і мікроорганізми в організмі людини (рис. 6), наприклад, відбувається псевдоморфне заміщення уделіту ювелітом.

Важливим завданням у разі майбутніх досліджень є онтогенічний підхід під час вивчення патогенних утворень у організмі людини та стереоастрово-електронно-мікроскопічне вивчення морфології індивідів з відповідним визначенням символів граней індивідуалізованих мікрокристалів.

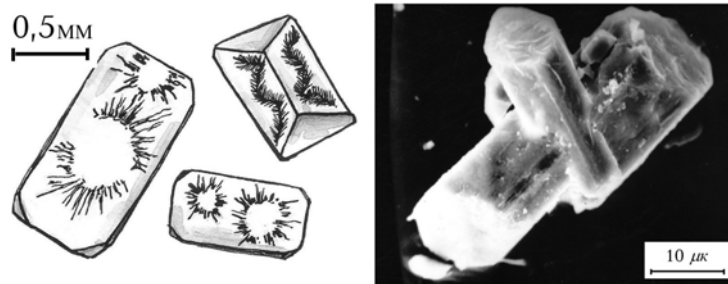


Рис. 2. Кристали струвіту та двійник струвіту, зразок 1601. На індивідах струвіту простежуються сонця вторинного ньуберіту.

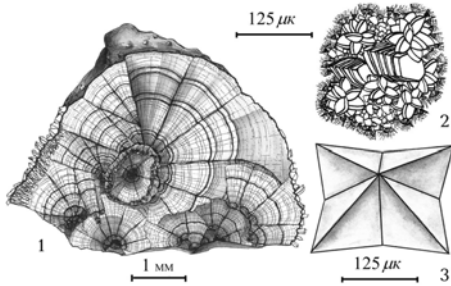


Рис. 3. Агрегати ювеліту й уделіту:

1 – багатоядерний сфероїдолітовий сфероліт ювеліту з прямолінійними слідами індукційних площин та яскраво вираженим явищем геометричного відбору, зразок 865; 2 – пластинчасті та розтекоподібні зростання кристаликів ювеліту, зразок 865; 3 – четвірник уделіту, зразок 587.

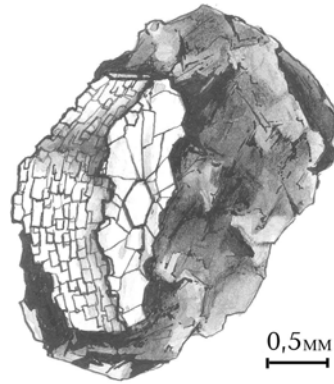
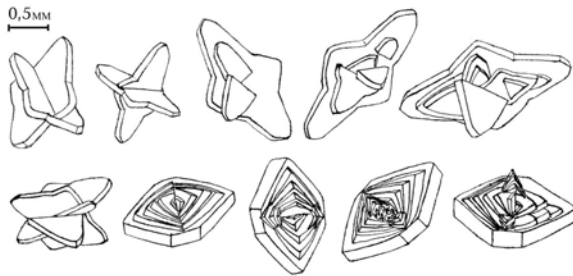
Рис. 4. Кристал *L*-цистину з добре вираженою спайністю, зразок 688.

Рис. 5. Двійники і неправильні зростки кристаликів сечової кислоти, зразок 1600.

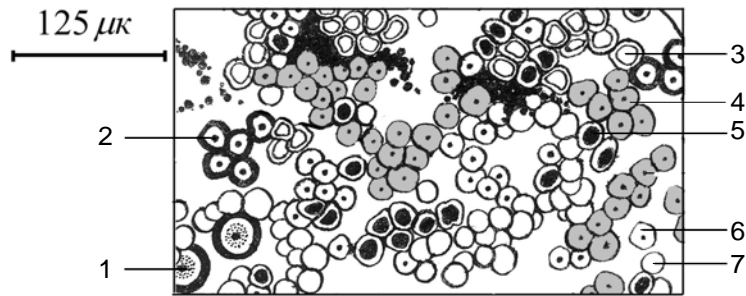


Рис. 6. Глобулярні апатитові утворення за наявності струвіту, зразок 563, ніколі \parallel . Типи глобул: 1 – великі товстостінні з частково затемненим полем і малою чорною крапкою всередині; 2 – товстостінні з малою чорною крапкою всередині; 3 – дво-стінні; 4 – тонкостінні з затемненим полем і малою чорною крапкою всередині; 5 – тонкостінні з великою чорною крапкою всередині; 6 – тонкостінні з малою чорною крапкою всередині; 7 – тонкостінні.

Органічна речовина патогенних утворень. Ця важлива складова патогенних утворень, очевидно, найменше вивчена, що зумовлено багатьма причинами, головні з яких – незначна її кількість та складні й порівняно дорогі методи визначення. На прикладі уролітів відомо, що такими речовинами можуть бути асмагин, фібрин, муцин, стеатин тощо. Детальніше це питання описане в [56–58], де визначено мікрокількості 43 органічних речовин навіть з урахуванням мінерального складу уролітів. Зазначимо, що одним із важливих питань, яке, очевидно, не вивчали (такі праці нам не відомі), є діагностика органічної речовини стосовно належності її до продуктів фізіогенно-патогенних процесів чи життєдіяльності мікроорганізмів.

Як видно з рис. 7, у разі врахування морфології органічної речовини в уролітах можна припустити, що дрібнокрапчатий різновид має фізіогенно-патогенний генезис, тоді як дендрито- і павутиноподібні утворення – це продукти життєдіяльності мікроорганізмів. Мікроорганізми добре простежуються в сколках каменів під час растрово-електронного дослідження (рис. 8), на що звертають увагу [59, 60].

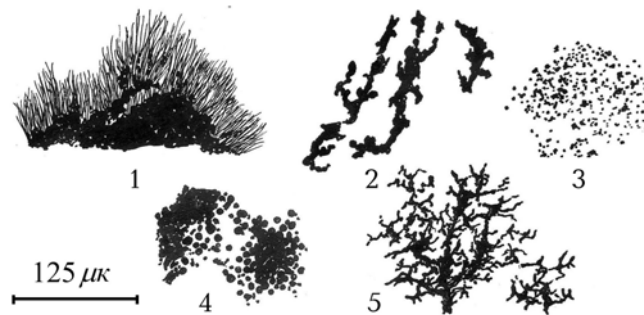


Рис. 7. Морфологічні відміни чорної органічної речовини у вітлокіт-апатитовому камені, зразок 1030, ніколи \parallel :

1 – павутиноподібне радіально-зорієнтоване утворення, що пронизує дуже дрібноглобулярний апатит; 2 – агрегат товстої ниткоподібної в сукупності з великокрапчатою; 3 – дрібнокрапчата; 4 – великокрапчата; 5 – кущоподібний агрегат ниткоподібної та великокрапчатої органічної речовини.

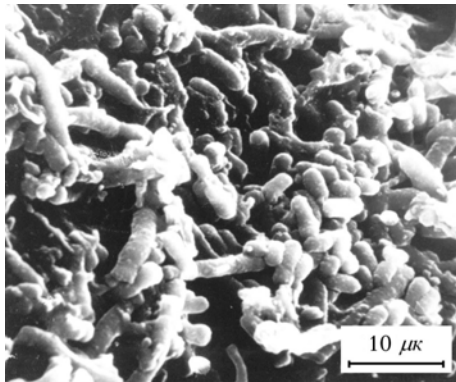


Рис. 8. Растрово-електронна мікроскопія колонії мікроорганізмів на грані кристалів струвіту, зразок 608.

Очевидно, мікроорганізми відіграють особливу роль у разі формування патогенних утворень. Це теж одна з цікавих проблем, яка чекає своїх дослідників. Онтогенічне дослідження уролітів свідчить: якщо не всі, то більшість патогенних утворень не можна зачисляти до органо-мінеральних агрегатів, у розумінні А. А. Кораго [17], оскільки органічна речовина не є провідним компонентом, що визначає внутрішню будову утворення. Практично вона пасивна і, навпаки, у разі формування кісток і зубів вона є провідною, що дає підставу називати їх органо-мінеральним агрегатом.

Мікроелементи патогенних утворень. Це також одне зі складних питань, яке мало вивчене. Зрозуміло, що на наявність і вміст мікроелементів значно впливає зовнішній чинник, зокрема забруднення довкілля. Виконані нами дослідження уролітів і жовчних каменів свідчать: головними носіями мікроелементів є фосфати й оксалати, що підтверджено дослідженнями [61]. Підпорядковане значення як носіїв мікроелементів має аморфна органічна речовина, тоді як органічні кристалічні фази (урати і холестерин), очевидно, мікроелементів не вміщують. Вивчення мікроелементів у майбутньому потребуватиме використання сучасних фізико-аналітичних методів, які дають змогу фіксувати не тільки вміст мікроелемента, а й його носія. Крім того, у майбутньому за наявності значної кількості аналітичних даних стане можливим виконати порівняльний аналіз вмісту мікроелементів у нормі (кістки, зуби, залози внутрішньої секреції) з відповідними патогенними утвореннями.

Отже, навіть короткий аналіз проблем біомінералогії на прикладі людини засвідчує, що в ХХІ ст. ця галузь як у цілому, так і про людину зокрема матиме значний розвиток, що зумовлене потребою збереження здоров'я людини, лікування і профілактики захворювань, а також розробкою та впровадженням нових біоматеріалів і біотехнологій.

1. Юшкин Н. П. Мир биоминералов и проблемы биоминералогии // Минерал. сб. 1991. № 45. Вып. 1. С. 5–13.
2. Голубев С. Н. Биоминерализация и предбиологическая эволюция // Актуальные вопросы современной палеоальгологии. К., 1986. С. 15–17.
3. Зузук Ф. В., Матковский О. И. В. И. Вернадский и новые направления биоминералогии и биогеохимии // Минерал. сб. 1989. № 43. Вып. 2. С. 23–29.
4. Сребродольский Б. И. Основные проблемы биоминерализации // Минерал. сб. 1986. № 39. Вып. 2. С. 49–55.
5. Яхонтова Л. К., Грудев А. П. К уточнению понятий индуцируемой/матрицируемой биоминерализации // Докл. РАН. 1993. Т. 332. № 2. С. 234–236.
6. Barraud J. Biocristallographie de l'os et de l'ossification. 1. La Biocristallographie // Bull. Soc. franc. Minér. Crist. 1954. Vol. 77. P. 786–796.
7. Chave K. E. Physics and chemistry of biomineralization // Ann. Rev. Earth Planet. Sci. 1984. Vol. 12. P. 293–305.
8. Nancollas G. H. The mechanism of biological mineralization // J. Crystal Growth. 1977. Vol. 42. P. 185–193.
9. Reymont R. Biomineralisation: a future meeting // Terra cognita. 1981/82. Vol. 2. N 1. P. 44–45.
10. Seifert H. Ein allgemeines Prinzip der Biokristallographie // Naturwissenschaften. 1956. Bd. 43. H. 19. S. 444–445.

11. *Simkiss K.* Biomineralisation in the context of geological time // Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences. 1989. Vol. 80. P. 193–199.
12. *Wyckoff R. W. G.* L'interdépendance du monde des minéraux et de la matière vivante // Bull. Minéral. 1978. Vol. 101. N 2. P. 148–154.
13. *Савкевич С. С.* К вопросу о развитии органической минералогии // Проблемы кристаллохимии и генезиса минералов. Л., 1983. С. 26–30.
14. *Ньюман У. Ф., Ньюман М.* Минеральный обмен кости / Пер. с англ. М., 1964.
15. *Lowenstam H., Weiner S.* On biomineralization. New York, 1989.
16. *Кораго А. А.* Биоминералогия: особенности объектов исследования, их классификация, способы формирования // Зап. Всесоюз. мин. об-ва. 1991. № 3. С. 134–147.
17. *Кораго А. А.* Введение в биоминералогия. СПб, 1992.
18. *Pawlikowski M.* Mineralizacja organizmu człowieka zyjacego (mineralogia człowieka) // Prase Mineral. 1988. N 79. S. 873–877.
19. *Билобров В. М., Богдан Н. М.* Особенности нормальных и патологических биоминералов // Минералогия и жизнь: Материалы к межгос. минерал. семинару. Сыктывкар, 1993. С. 52–54.
20. *Le Geros R. Z., Le Geros J. P.* Phosphate minerals in human tissues // Phosphate Minerals. Berlin, 1984. P. 351–385.
21. *Архипенко Д. К., Григорьева Т. Н., Гончар А. М., Толмачев В. Е.* Изучение термобарического воздействия на структуру биологического апатита // Минерал. журн. 1990. Т. 12. № 6. С. 58–64.
22. *Архипенко Д. К., Григорьева Т. Н., Милова Л. В.* и др. Термическая и термобарометрическая трансформация структуры био-апатита по данным рентгенографии и ИК-спектроскопии // Тез. I республ. конф. (выездная сессия УМО) по биоминералогии, посвящ. 125-летию акад. В.И. Вернадского, 14–16 окт. 1988 г./ Отв. ред. Ф. В. Зузук. Луцк, 1988. С. 81–82.
23. *Elliot I. C., Holcomb D. W., Joung R. A.* Infrared determination of the degree of substitution of hydroxyl by carbonate ions in human dental enamel // Calcify Tissue Int. 1985. Vol. 37. P. 372–375.
24. *Мельник В. М., Максимюк Ю. Й., Мелешко Т. В.* Стереометричний метод вивчення онтогенічних особливостей біогенних мінеральних утворень // Мінерал. зб. 1991. № 45. Вип. 1. С. 55–59.
25. *Бент О. И., Иванчиков В. П.* Воздействие техногенной среды на здоровье населения в Украине (геохимический аспект) // Минерал. журн. 1999. Т. 21. № 1. С. 66–71.
26. *Иванчиков В. П., Почтаренко В. І.* Біогенна активність важких металів у забруднених ландшафтах України // Інформ. бюл. про стан геол. середовища України за 1994–1995 рр. К., 1997. Вип. 14. С. 93–96.
27. *Зузук Ф. В.* Социально-экологический фактор внешней среды и минеральный состав биолитов взрослых больных мочекаменной болезнью // Геохимия ландшафтов, палеоэкология человека и этногенез: Тез. Междунар. симпоз., 6–11 сент. 1999 г. Улан-Удэ, 1999. С. 528–529.
28. *Зузук Ф. В., Павлишин В. И.* Изменение состава мочевых камней больных разных стран мира со второй половины XVIII и до конца XX века // Минералогия и жизнь: биоминеральные гомологии: Докл. III Междунар. сем., 5–8 июня 2000 г. Сыктывкар, 2000. С. 61–62.

29. Зузук Ф. В. До питання картографування сечокам'яної хвороби в Україні // Вісн. геодезії та картографії. 1999. № 1. С. 34–36.
30. Boyce W. H., Garvey F. K., Strawcutter H. S. Incidence of urinary calculi among patients in general hospitals, 1948 to 1952 // J. Amer. Med. Assoc. 1956. Vol. 161. N 3. P. 1437–1442.
31. Burkland C. E., Rosenberg M. Survey of urolithiasis in United States // J. Urol. Vol. 73. N 2. P. 198–207.
32. Donaldson D., Pryce J. D., Rose G. A., Tovey J. E. Tap water calcium and its relationship to renal calculi and 24 h urinary calcium output in Great Britain // Urol. Res. 1979. Vol. 7. N 4. P. 273–276.
33. McCarrison R. The causation of stone in India // Brit. Med. J. 1931. Vol. 13. P. 1008–1015.
34. Sierakowski R., Finlayson B., Landes R. Stone incidence as related to water hardness in different geographical regions of the United States // Urol. Res. 1979. Vol. 7. N 3. P. 157–160.
35. Andersen D. A. The nutritional significance of primary bladder stones // Brit. J. Urol. 1962. Vol. 34. P. 160–177.
36. Andersen D. A. Environmental factors in the aetiology of urolithiasis // Urinary Calculi: Recent Advances in Aetiology, Stone Structure and Treatment: Proc. of the Intern. Symp. on Renal Stone Res., Madrid, Sept. 1972 / Ed. L. Cifuentes Delatte et al. Basel, 1973. P. 130–144.
37. Halstead S. B. Bladder stone in Thailand. A review of the problem // Amer. J. Trop. Med. Aug. 1961. Vol. 10. P. 918–924.
38. Boshamer K. Morphologie und Genese der Harnsteine. Bd 10. Handbuch der Urologie. Berlin, 1961.
39. Miyake H., Tamesue N., Izumi K. et al. Comparative studies on the chemical composition of gallstones in Japan, China and the United States // Fukuoka Acta med. 1963. Vol. 54. P. 781–826.
40. Збірник матеріалів конференції “Біомінералогія і медична екологія” та наукових досліджень лабораторії біомінералогії, медикоекологічного та шкільного картографування (Волинський університет), 18–20 жовт. 1995 р. / Відп. ред. Ф. В. Зузук. Луцьк, 1995.
41. Technik der Harnsteinanalysen / Ed. H.-J. Schneider. Leipzig, 1974.
42. Зузук Ф. В. Морфологічні особливості біогенних оксалатів // Проблеми геологічної науки та освіти в Україні: Матеріали наук. конф. 19–21 жовт. 1995 р. Львів, 1995. С. 158–159.
43. Зузук Ф. В. Онтогенія уэдделитовых мочеуых камней // Структура и эволюция минерального мира: Материалы к Междунар. минерал. семинару, 10–13 июня 1997 г. Сыктывкар, 1997. С. 120–121.
44. Зузук Ф. В. Характеристика индивидов и агрегатов биоминералов, формирующих почечные камни // Минералогия и жизнь: биоминеральные гомологии: Расш. тез. докл. II Междунар. сем., 17–22 июня 1996 г. Сыктывкар, 1996. С. 143–144.
45. Каткова В. И. Мочевые камни: минералогия и генезис. Сыктывкар, 1996.
46. Пальчик Н. А., Титов А. Т., Ларионов П. М. и др. Комплексный анализ минеральных отложений на сердечных клапанах // Минералогия и жизнь: биомине-

- ральные гомологии: Расш. тез. докл. II Междунар. сем., 17–22 июня 1996 г. Сыктывкар, 1996. С. 139–140.
47. *Полиенко А. К., Шубин Г. В., Ермолаев В. А.* Онтогенез уролитов. Томск, 1997.
 48. *Титов А. Т., Ларионов П. М., Зайковский В. Н., Иванова А. С.* Образование фосфатов кальция в органах кровообращения // Минералогия и жизнь: биоминеральные гомологии: Докл. III Междунар. сем., 5–8 июня 2000 г. Сыктывкар, 2000. С. 118–120.
 49. *Крочук В. М., Сгорова Л. М., Мельников В. С.* та ін. Морфологія кристалів сечової кислоти та її дигідрату, виділених хворими на сечокислу гіперкристалурію // Мінерал. зб. 1991. № 45. Вип. 1. С. 93–95.
 50. *Дяків В. О.* Динаміка змін конфокальних текстур у сфероліт-дендритних холестеринових агрегатах жовчєвих камінців (за даними рентгенотопографічних досліджень) // Вісник Львів. ун-ту. Серія геол. 1999. Вип. 13. С. 116–120.
 51. *Дяків В. А., Ганиткевич Я. В.* Фрактальний механізм росту желчних камней // Новые направления в гепатологии: Тез. докл. Фальк-симпоз. № 92, 21–22 июня 1996. СПб., 1996. Т. 2. С. 138.
 52. *Зузук Ф. В., Василечко Л. О.* Про холестерин у жовчних каменях // Мінерал. зб. 2000. № 50. Вип. 1. С. 97–106.
 53. *Потанов С. С., Чиглинець А. Ю.* Хьюменминералогия вообще и минералогия простатитов в частности // Докл. II сем. «Минералогия техногенеза–2001», 9–11 февр. 2001 г. / Ин-т минералогии УрО РАН. Миасс, 2001. С. 122–129.
 54. *Зузук Ф. В.* Внутреннее строение почечных камней, состоящих из аморфного органического вещества, содержащего фосфаты // Уральский геол. журн. 2001. № 2. С. 165–182.
 55. *Зузук Ф. В.* Структурные особенности мочевых камней // Минералогия и жизнь: Материалы к межгос. минерал. сем. Сыктывкар, 1993. С. 56–57.
 56. *Boyce W. H.* Kidney stone // *Biology of Hard Tissue: Proc. of the First Conf.*, Princeton, New Jersey, June 20–23, 1965 / Ed. by A.M. Budy. New York, 1967. P. 196–254.
 57. *Gasser G.* Unser Arbeitsprogramm-Ergebnisse und Folgerung // *Urol. Int.* 1958. Bd. 7. S. 48–54.
 58. *Herring L. C.* Observations on the analysis of ten thousand urinary calculi // *J. Urol.* 1962. Vol. 88. N 4. P. 545–562.
 59. *Dosch W., Koestel C.* Rasterelektronenmicroscopic von Harnsteinen // *Z. Urol.* 1975. Bd 68. N. 1. S. 25–41.
 60. *Takeuchi H., Takayama H., Konishi T., Tomoyoshi T.* Scanning electron microscopy detects bacteria within infection stones // *J. Urol.* 1984. Vol. 132. N 1. P. 67–69.
 61. *Павловський М. П., Василечко Л. О., Ганиткевич Я. В., Кузьмик А. Г.* Рентгенографічні дослідження жовчних конкрементів // Доп. АН України. Математика, естествознание, техн. науки. 1994. № 9. С. 154–158.

**THE PROBLEMS
OF BIOMINERALOGY ON THE BOUNDARY XX–XXI CENTURIES**

(ON THE EXAMPLE OF A MAN)**F. Zuzuk***Lesia Ukrayinka Volyn' State University, Luts'k, Ukraine*

Geology in the XXI c. will apparently be defined by an active development of biomineralogy. Its development is studied on the example of man's biomineralogy. Ways of development of this branch of science are physiological biomineralogy and pathological biomineralogy. The most important problems of studying the "man's mineralogy" is following: the spreading of the disease depending on the outer factors, mineralogy of the pathological formations and microelements of the pathological formations. A short analysis of biomineralogical problems on the example of a man shows that this branch of science will develop rapidly in the XXI century. The reason of it is the necessity in people's being healthy, in curing and prophylacting the diseases, and in the development and usage of new biomaterials and biotechnologies.

Key words: biomineralogy, people, pathogenic mineral-forming, organic matter, microelements.

Стаття надійшла до редколегії 24.11.2000