

УДК 549.091

П.М. Баранов, доктор геологічних наук, професор, судовий експерт<sup>1</sup>  
E-mail: pn2dsbaranov@gmail.com

С.В. Шевченко, кандидат геологічних наук, доцент, зав. кафедри загальної та структурної геології<sup>2</sup>  
E-mail: shevchenko.s.v@ntu.one

О.В. Сливна, кандидат геологічних наук, доцент кафедри геології та розвідки родовищ корисних копалин<sup>2</sup>  
E-mail: slyvna.o.v@ntu.one

<sup>1</sup>Дніпропетровський НДЕКЦ МВС України,  
тупик Будівельний, Дніпро, 49033, Україна

<sup>2</sup>НТУ «Дніпровська політехніка»,  
пр. Д. Яворницького, 19, Дніпро, 49005, Україна

# Роль генетичної класифікації включень у визначенні походження і географії смарагдів

(Рекомендовано доктором геологічних наук Рузіною М.В.)

Стаття має на меті розкрити проблему генезису і географії природних смарагдів і намітити шляхи для її вирішення. Широкий розвиток синтетичних аналогів, приголомшлива подібність з природними каменями, низька вартість і несумлінність продавців змушують гемологів шукати нові критерії відмінності природних смарагдів, постійно переходячи на більш високий рівень досліджень мікровключень, внутрішніх дефектів кристалічної ґратки із залученням нових методів і високоточного обладнання. На прикладі встановлених прото-, син-, епігенетичних і вторинних включень у природних смарагдах показано, що існує можливість визначення географічної локалізації їх родовищ. Наведено основні типи включень у природних смарагдах. Обґрунтовано застосування генетичної класифікації включень для визначення генезису і географії родовищ смарагдів.

Ключові слова: смарагд, родовище, походження, включення, генетична класифікація.

## Актуальність

Смарагди є одним з найпоширеніших і найпопулярніших різновидів дорогоцінного каміння на світовому ринку. Широкий розвиток синтетичних аналогів, їх приголомшлива подібність з природними каменями, низька вартість і несумлінність продавців змушують гемологів шукати нові критерії відмінності природних смарагдів, постійно переходячи на більш високий рівень досліджень мікровключень, внутрішніх дефектів кристалічної ґратки із залученням нових методів і високоточного обладнання.

## Зв'язок з попередніми дослідженнями

Генетичні дослідження включень у смарагдах останніми роками широко висвітлені в публікаціях на сторінках журналу *Gems&Gemology* Гемологічного інституту Америки (N. Renfro, J. Koivula, G. Giuliani, L. Groat та інші). Питання діагностики смарагдів, у тому числі за допомогою включень, традиційно висвітлюються у публікаціях фахівців Державного гемологічного центру України (Ю. Гаєвський та інші).

## Постановка проблеми

Природні смарагди донедавна можна було відрізнити від синтетичних аналогів за внутрішньою будовою – включеннями, зонами зростання, тріщинами. Ці дефекти в кристалах виникають внаслідок зміни умов їх росту або впливу зовнішніх механічних факторів на кристал, і саме вони (дефекти) визначають властивості реальних природних кристалів. Однак сьогодні компанії, які займаються синтезом каменів, роблять виклик природним утворенням і заявляють про створення аналогічних дефектів у синтетичному камінні. Тому перед

експертом знову і знову виникає одне з головних завдань: визначення походження цих каменів. На наш погляд, вирішення цієї проблеми є розробка чітких і точних критеріїв генетичної класифікації включень у мінералах.

### Викладення основних результатів

Прояви смарагду зустрічаються практично на всіх п'яти континентах. Камінь утворюється в сланцях, пегматитах, гранітах, карбонатних і метаморфічних породах [7]. Вік вмисних порід варіює від найдавніших архейських порід до наймолодших неогенових утворень (табл. 1). Якісні ювелірні смарагди притаманні певним геологічним умовам, родовищам, регіонам, країнам [9].

Усі родовища смарагдів поділяються на три генетичних типи: пегматитовий, метаморфічний, осадовий.

1. Пегматитовий тип зустрічається в багатьох країнах світу: Бразилії (Карнаїба, Сокото, Вілл, Фазенда Бонфім, Піренополіс), Канаді (Тейлор), Болгарії (Рильський), Росії (родовище ім. Малишева на Уралі та ін.), Пакистані (Халтаро), Афганістані (Сват-Панджшер), Індії (Раджхастан, Губаранда), ПАР (Гравелотт), Замбії (Флетс) і ін.), Танзанії (Ман'яра, Сумбаванга), Мозамбіку (Ріо-Марія й ін.), Австралії (Шивон, Воджина й ін), Ефіопії (Кентський Маніфест), Мадагаскарі (Янапера, Мананджарі), Зімбабве (Плащаниця Буда, Масвінго, Філібусі), Сомалі (Борах), Україні (Хорошів, колишній Володарськ-Волинський), Норвегії (Ейдсволлі), Китаї (Д'яков), Канаді,

Австралії (Еммавіл, Торрінгтон), Казахстані (Дельгебетей), Нігерії (Кадуна).

2. Метаморфічний тип поділяється на три стадії:

Гідротермально-метасоматична стадія: Китай (Давдар), Афганістан (Панджшер), США (Хедденіт).

Метаморфогенно-метасоматична стадія: Австрія (Хабахталь), Бразилія (Санта-Терезинья-де-Гояс), Пакистан (Гуджар-Кілі, Баранга).

Тектоно-метаморфічна стадія: Австрія (Хабахталь), Бразилія (Санта-Терезинья-де-Гояс), Пакистан (Сват-Мінгорі), Австралія (Пуна), Єгипет (Джебел-Сікаїт, Забара, Умм-Кабу), Замбія (Мусакаші).

3. Осадовий тип характеризується чергуванням сланців, аргілітів, алевролітів, карбонатних порід. Смарагд приурочений до кальцитових жилок серед нижньокрейдових глинистих сланців. Відомі родовища в Колумбії (Музо, Чивор), Канаді (Маунтін Рівер).

Вищенаведений матеріал показує, що смарагди утворюються в широкому спектрі родовищ, які формуються у певних геологічних умовах. У зв'язку з цим виникає необхідність у виявленні критеріїв відмінності смарагдів з різних генетичних типів родовищ. Така необхідність викликана насамперед вартістю каменів. Так, колумбійські смарагди на 20 %, а іноді і на 50 % коштують дорожче за, наприклад, афганські. Хоча якість останніх не поступається колумбійським.

Експерту у своїй діяльності доводиться стикатися з необробленими і обробленими каменями.

Необроблені смарагди в разі встановлення їхньої генетичної природи мають певну перевагу перед огранованими, тому що мають характерну природну форму кристалів, притаманну конкретному родовищу. Часто на гранях їх кристалів зберігаються фрагменти вмисних порід. До ознак ідентифікації також належать розмір і подовження кристалів, досконалість граней тощо.

В оброблених (ограних) каменях критерії розпізнавання необхідно шукати у внутрішній будові кристала, а саме в хімічному складі та дефектах кристалічної ґратки.

До дефектів кристалічної ґратки відносять сторонні включення, тріщини, аномальне забарвлення, світіння. Найістотнішими є включення твердих міне-

Таблиця 1. Геохронологічна шкала родовищ смарагду [9]

Еон	Абсолютний вік, млн років тому	Deposit name	Назва родовища
Кайнозой	9	Khaltaro	Халтаро, Пакистан
	23	Swat-Pansjhir	Сват-Панджшер, Афганістан
	30	Habahtal	Хабахталь, Австрія
	32	Muzo	Музо, Колумбія
	34	Rila	Ріла, Болгарія
	38	Cosquez	Коскуез, Колумбія
	65	Chivor	Чивор, Колумбія
Мезозой	109	Tsa da Glitsza	Тса да Гліцза, Канада
	124	Dyakou	Д'яку, Китай
	199	Tawakh	Тавах, Афганістан
Палеозой	254	Malysheva	Малишева, Урал, Росія
	300	Franqueira	Франкейра, Іспанія
	490	Ambodibakoly Morafeno	Амбодібаколи, Мадагаскар Морафено, Мадагаскар
	493	Ianapera	Іанапера, Мадагаскар
	496	Kamakanga	Камаканга, Замбія
	508	Capoeirana	Капоейрана, Бразилія
	520	Sta Terezinha	Санта Терезинья, Бразилія
Протерозой	591	Egypt	Єгипет
	650	Pyrenopolis	Піренополіс, Бразилія
	791	Rajasthan	Раджастан, Індія
	2000	Carnaiba-Socoto	Карнаїба-Сокото, Бразилія
Архей	2600	Sandavana	Сандавана, Зімбабве
	2970	Gravelotte	Гравелот, ПАР

ралів, розплаву, рідини, газу та їх комбінацій. Вони несуть в собі інформацію про агрегатний стан середовища мінералоутворення, їх температуру утворення, тиск, склад, які дозволяють вирішувати багато практичних питань геології, мінералогії та гемології.

Існуючий у гемології підхід до вивчення включень є досить простим і полягає у фіксації їх наявності як сторонніх утворень без особливої генетичної інтерпретації. На думку авторів, для встановлення походження смарагдів і географії їх родовищ необхідно розробити генетичну класифікацію включень у мінералах, яка так чи інакше тонко фіксуватиме фізико-хімічні умови їх мінералоутворення.

Як показує досвід вивчення включень у кварці – вулканітів, гнейсів, гранітів, пегматитів, усі включення в мінералах поділяються на чотири генетичні групи [4] (прото-, син-, епігенетичні і вторинні) і мають різний агрегатний стан (розплавні, флюїдні, кристалічні). Вони несуть інформацію про мінералогосподар протягом усього часу його існування: від кристалізації, становлення кристалічної ґратки і до зміни мінералу під дією зовнішніх чинників.

*Протогенетичні включення* – це включення, що сформувалися раніше мінералу-господаря і потрапили до нього під час його утворення.

*Сингенетичні включення* тонко відображають геохімічну спеціалізацію мінералоутворювального середовища під час кристалізації мінералу і навіть конкретної зони його зростання. Ці включення мають правильну форму, наслідуючи ідеальну форму мінералу-господаря. Вони формуються одночасно з мінералом-господарем і відображають генетичну індивідуальність кожного родовища, що дуже важливо для визначення географії мінералу.

*Епігенетичні включення* відповідальні за геохімічну спеціалізацію мінералу-господаря і формуються на стадії становлення кристалічної ґратки після кристалізації мінералу. Це свідчить про геохімічну спорідненість головного мінералоутворювального елемента з іншими. Так, алюміній може брати іон хрому, титану і будувати кристалічну ґратку, але зі зниженням температури кристалічна решітка стабілізується і елементи починають відокремлюватися в самостійні мінеральні фази, утворюю-

чи тверді розчини. Такі включення, як правило, відрізняються чітким орієнтуванням у мінералі-господарі.

*Вторинні включення* утворюються в результаті накладених процесів: зміни температури, дії розчинів і часу. Ці включення представлені дрібними дисперсними частинками важкодіагностованих фаз, за рахунок яких мінерал і певні його зони або ділянки набувають молочного кольору зі слабкою прозорістю і тріщинуватістю.

Ефективність та прикладне значення генетичної класифікації включень продемонстровані під час вивчення метаморфічних комплексів на давніх щитах (Український, Балтійський, Південно-Африканський) і вулканітів альпійської складчастості (Україна, Чукотка, Камчатка). У результаті проведених досліджень були розроблені критерії розчленування «німих» вулканогенних товщ [3]; критерії кореляції гранітоїдних товщ [5, 10] і розробки геохімічних аномалій на рідкіснометалевих родовищах; а також запропоновано спосіб прогнозування родовищ сподуменових пегматитів [2].

Сьогодні завдяки розвитку високоточного обладнання з'явилися дослідження, орієнтовані на вивчення насамперед включень у дорогоцінному каміні, в тому числі і в смарагді [9].

Слід зауважити, що смарагд – один з найбільш дефектних дорогоцінних каменів, який, як правило, містить велику кількість включень і тріщин. Вони тонко фіксують процес росту каменю і подальші його процеси облагородження, дорощування і тому подібне.

Для всебічного вивчення включень у смарагді необхідні спеціальні знання в області термобарогеохімії, кристалографії, мінералогії та відповідне обладнання: мікроскоп з високою роздільною здатністю, спектроскоп, ультрафіолетова лампа.

Нижче наведено відомості про включення в смарагдах, взяті з досліджень відомих лабораторій, що спеціалізуються на фундаментальних дослідженнях смарагду і його синтетичних аналогів.

Колумбійські смарагди на світовому ринку становлять 90 % серед найкращих за якістю каменів, тому вони найбільш вивчені з позиції термобарогеохімії.

**Колумбійські смарагди** характеризуються наявністю флюїдних включень з плоскими вакуолями і зубчастими

контурами (табл. 2). Вони представлені трифазними включеннями, що містять рідину, пухирець газу і кристалик галіту.

Форма вакуолі свідчить про приуроченість включень до спайності кристала, а зубчастий силует формується за рахунок накладення одного ростового шару на інший. Наявність трьох фаз в одній вакуолі свідчить про високу концентрацію солей і летючих компонентів у мінералоутворювальних розчинах, що можливо тільки за високої температури.

У смарагдах з родовища Чивор часто зустрічаються тверді включення кристаликів піриту, які діагностуються за металевим блиском, жовтим кольором і характерним кубічним габітусом. Наявність піриту свідчить про присутність сіркового водню і заліза, що можливо у різко відновлювальному середовищі.

Смарагди з родовища Музо можуть містити і тверді включення ромбодричних кристалів кальциту, а іноді дрібні рожеві включення рідкісноземельного мінералу паризиту, який дає сильний рідкісноземельний спектр поглинання.

**Афганські смарагди** добувають з шахт у долині Панджшер і характеризуються видовженою формою кристалів невеликих розмірів (олівці).

Ці кристали містять типові флюїдні включення подовженого типу форми, які орієнтовані паралельно осі шостого порядку мінералу, що вигідно відрізняє їх від колумбійських і китайських смарагдів.

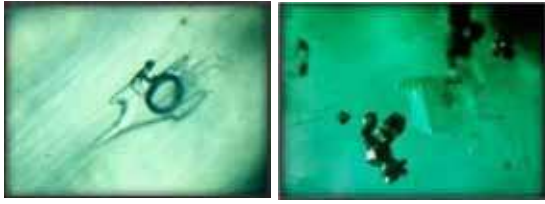

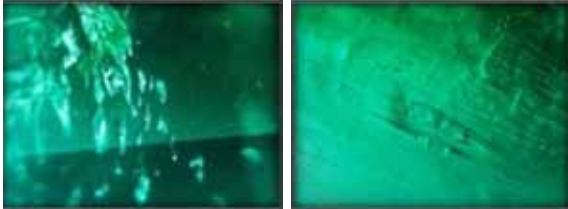
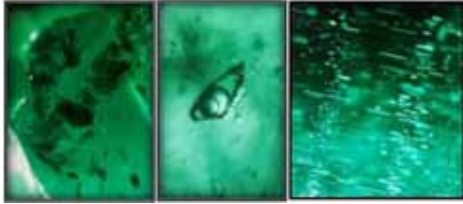
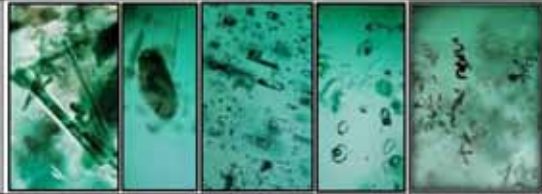
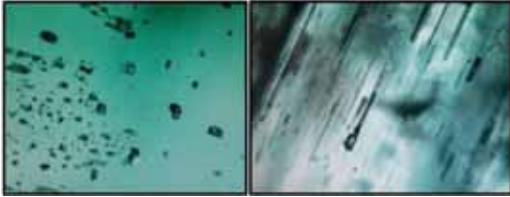


В одній вакуолі включення можуть знаходитись декілька твердих мінералів-супутників, і, як показують дослідження, серед них може бути галіт.

Іноді зустрічаються тверді включення піриту, лимоніту, берилу, карбонатних мінералів і польових шпатів.

**Китайські смарагди** були відкриті наприкінці ХХ століття. Вони належать до гідротермальних родовищ «колумбійського типу» і навряд чи можуть конкурувати з колумбійськими смарагдами через незначні запаси.

Водночас їх можуть позиціонувати як колумбійські, і такі випадки вже є. Це відбувається через відсутність критеріїв відмінності смарагдів з різних родовищ, хоча китайські смарагди містять флюїдні включення, схожі з колумбійськими, тобто мають зубчасту форму і складаються з газового пухирця і кубічного кристала.

Таблиця 2. Характерні ознаки природних смарагдів [1, 7-8]

КРАЇНА	ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД ВКЛЮЧЕНЬ	ВКЛЮЧЕННЯ
КОЛУМБІЯ		Включення (рідина, газ, кристал) з зубчастими контурами, кристали піриту, карбонату
АФГАНІСТАН		Трифазні (рідина, газ, кристал) подовжені вздовж осі L6
КИТАЙ		Зубчасті трифазні (рідина, газ, кристал) включення і подовжені
БРАЗИЛІЯ		Протогенетичний біотит, сингенетичні (рідина, газ, кристал), (рідина, газ), (рідина, газ, рідка CO <sub>2</sub> ), епігенетичний актиноліт
ЗАМБІЯ		Протогенетичний актиноліт, біотит, сингенетичні (рідина, газ, кристал), біотит, вторинні оксиди марганцю
ЕФІОПІЯ		Включення (рідина, газ, рідка CO <sub>2</sub> ), (рідина, газ, кристал), (рідина, газ)
РОСІЯ		Протогенетичний біотит, актиноліт, сингенетичні (рідина, газ, кристал), (рідина, газ), трубчасті вакуолі, вторинні
ІНДІЯ		Включення газу у вигляді «кутів»



**Бразильські смарагди**, здобуті в районі населеного пункту Ітабіра, світліші і набагато чистіші за колумбійські.

Включення цих смарагдів представлені трьома генетичними різновидами: протогенетичними, сингенетичними та епігенетичними.

Протогенетичні включення – це релікти вмісних біотитових кристалічних сланців, захоплені в результаті формування кристалів смарагду. Біотит утворює як окремі пластинки, так і численні скупчення. Іноді пластинки біотиту повністю заміщуються мінералом-господарем (смарагдом), а їх межі трасуються рідиною і газом. На місці заміщених включень і навколо них спостерігається більш світлий колір.

Сингенетичні включення – флюїдні комбіновані включення, до складу яких входять рідина і газовий пухирець з рідкою вуглекислою, яка у разі невеликого нагрівання переходить у газову. Вони, як правило, орієнтовані вздовж осі шостого порядку і мають прямокутну форму; в перпендикулярному перетині вони мають правильну форму негативних кристалів, наслідуючи форму ідеального кристала мінералу-господаря.

Епігенетичні включення – це голчасті мікрочастинки актиноліту, орієнтовані вздовж осі шостого порядку, які місцями наповнені рідиною. Вони утворюють численні скупчення і описані в літературі як "схожі на дощ". Велика різниця в показниках заломлення між включеннями і мінералом-господарем викликає аномальну гру кольорів.

**Замбійські смарагди** знаходяться в родовищах району Кафуба в кристалічних сланцях. Вони містять різноманітні за агрегатним станом і складом включення, які генетично поділяються на протогенетичні, сингенетичні та вторинні.

Протогенетичні тверді включення – товстопризматичні кристали актиноліту та округлі пластинки біотиту. Вони, як правило, зустрічаються спільно з утвореннями невеликих скупчень, що негативно позначається на якості смарагду.

Сингенетичні включення представлені флюїдними та твердими різновидами. Флюїдні включення – це вакуолі прямокутної форми, що містять рідину, газ і кристалічну фазу, які діагностуються за анізотропністю та плеохроїзмом. Включення строго орієнтовані в одному напрямку, що дозволяє судити

про їх сингенетичність з мінералом-господарем.

До сингенетичних твердих включень належить біотит гексагональної форми. Часто гексагональні пластинки біотиту з ледь помітним плеохроїзмом знаходяться в рідині з газовою фазою.

Вторинні включення приурочені, як правило, до відкритих тріщин, в яких локалізуються оксиди марганцю (у вигляді дендритів), заліза – магнетиту, гематиту, ільменіту. Іноді зустрічаються скупчення висохлих нафтопродуктів.

**Ефіопські смарагди** характеризуються наявністю флюїдних включень, наповнених рідиною з пухирцем газу, всередині якого знаходиться рухома рідка вуглекислота. Навіть у разі невеликого нагрівання вона переходить у газову фазу.

Голчаста цвяхоподібна форма цих включень є «візитною картою» ефіопських смарагдів. Капелюшок включень вказує на розвантаження у зоні росту летючих компонентів.

**Уральські смарагди** (Росія) містять тверді протогенетичні, флюїдні сингенетичні та вторинні включення.

Протогенетичні включення представлені пластинками слюди і шестуватих кристалів зеленого актиноліту. Місцями вони зруйновані та розчинені. Зустрічаються і включення біотиту округлої форми, які утворюють скупчення в кристалі і знижують якість смарагду.

Сингенетичні флюїдні включення, представлені вакуолями, наповненими рідиною і газом, мають закономірне орієнтування в мінералі-господарі відповідно до його кристалічної ґратки.

Вторинні включення – це флюїдні різновиди неправильної (амебоподібної) форми з різними комбінаціями рідини і газу, які приурочені до залікованих тріщин без будь-якого орієнтування в кристалі.

**Індійські смарагди** зустрічаються серед докембрійських товщ (біотитові, мусковітові, актинолітові та тремолітові породи, а також талькові сланці) і пов'язаних з ними численних пегматитових жил і жил турмалінових гранітів.

Включення в індійських смарагдах мають різноманітний склад, правильні прямокутні контури, закономірне розташування відносно кристалографічних осей мінералу-господаря. Вони представлені трьома фазами: рідина, газ, кристалічна фаза, що є, зважаючи на сильний інтерференційний колір, слюдою.

Таким чином, за результатами аналізу включень у розглянутих кристалах виділяють два генетичних типи родовищ смарагду:

1. Смарагди, які містять газово-рідкі включення, газово-рідкі з кристалічною фазою, газово-рідкі з рідкою вуглекислою всередині газового пухирця. Вони вказують на утворення смарагду з гідротермальних розчинів з високим вмістом вуглекислого газу. Вмісними породами служать пегматити гранітоїдних або метаморфічних комплексів. До цієї групи належать родовища смарагдів Колумбії, Афганістану, Китаю.

2. Смарагди з протогенетичними (біотит, актиноліт), сингенетичними (двофазними, трифазними, трубчастими вакуолями, виконаними рідиною) і вторинними (двофазними) включеннями. Формування таких смарагдів відбувається під дією дифузійних флюїдів, що циркулюють за ослабленими зонами метаморфічних гірських порід (міжзерновий простір, спайність, тріщини). До цієї групи належать родовища Бразилії, Африки (Ефіопія, Замбія), Росії (Урал).

Приуроченість смарагдів до конкретного місця народження в межах виділених груп не так оптимістично. Аналіз вивчених включень у смарагдах показує відсутність чітких критеріїв їх відмінності для різних родовищ, хоча комбінації рідини, газу та кристалічних фаз багато в чому різняться як за формою, так і змістом від родовища до родовища (табл. 2). Наприклад, в ефіопських смарагдах відзначаються специфічні цвяхоподібні включення, хоча вони описані і в багатьох інших роботах про смарагди [7, 9]. Аналогічна ситуація спостерігається і для включень актиноліту в уральських і замбійських смарагдах [7].

З огляду на специфіку експертизи, зокрема судової [6], яка вимагає конкретних відповідей на поставлені запитання, необхідно мати відповідні каталоги включень у смарагдах за кожним родовищем або еталонні зразки. Наведена таблиця 2 чітко демонструє, перш за все, наочність використання включень як критеріїв для деяких родовищ, що полегшує експертизу смарагдів і дозволить експерту зорієнтуватися у визначенні походження і географії смарагдів.

На жаль, на сьогодні подібних розроблених матеріалів немає, і навряд чи вони з'являться найближчим часом з огляду на специфіку ринку дорогоцінного каміння, в тому числі і смарагду.

## Висновки

1. Генетична класифікація включень, продемонструвавши свою працездатність на інших природних об'єктах, цілком може вирішувати завдання експертизи: визначення походження та географію смарагду.

2. Аналіз включень у смарагдах з різних родовищ світу дозволив виділити два генетичних типи родовищ:

- смарагди, що містять флюїдні газво-рідинні включення, комбіновані газво-рідинні з кристалічною фазою та включення газво-рідинні з рідкою вуглекислою всередині газового пухирця;

- смарагди з протогенетичними (біотит, актиноліт), сингенетичними (двофазними, трифазними, трубчастими вакуолями, наповненими рідиною) і вторинними (двофазними) включеннями.

## Використані джерела

1. Альбом включень. URL: <https://www.lotusgemology.com/index.php/library/inclusion-gallery>.
2. Баранов П.Н. Закономерности распределения включений кварца в сподуменовых пегматитах и вмещающих их гранитоидах одного из районов Украинского щита. *Минералогия и генезис пегматитов*: сб. науч. трудов. Миасс, 1991. С. 102-104.
3. Баранов П.Н. Новый способ расчленения липарито-игнимбритового комплекса Береговского района (Закарпатье). *Онтогенез минералов и технологическая минералогия*: сб. науч. трудов. Киев: Наук. думка, 1988. С. 183-188.
4. Баранов П.Н., Соболев В.В., Павлишин В.И. Топология включений в кристаллах кварца. *Минералогический сборник*: сб. науч. трудов. 1992. № 467. Вып. 2. С. 94-97.
5. Сливная Е.В. Расчленение гранитоидов зоны сочленения Среднеприднепровского и Приазовского блоков УЩ. *Научный вестник НГАУ*: сб. науч. трудов. 1999. С. 44-46.
6. Про затвердження Інструкції з організації проведення та оформлення експертних проваджень у підрозділах Експертної служби МВС України. 17.07.2017. № 591. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1024-17>.
7. Giuliani G., Groat L. Geology of Corundum and Emerald Gem Deposits. URL: <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2019-geology-of-corundum-and-emerald-gem-deposits>.
8. N. Renfro, J. Koivula, J. Muyal, S. McClure, K. Schumacher, J. Shigley. Chart: Inclusions in Natural, Synthetic, and Treated Emerald. URL: <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2016-inclusions-natural-synthetic-treated-emerald>.
9. S. Saeseaw, N. Renfro, A. Palke, Z. Sun, S. McClure. Geographic Origin Determination of Emerald. URL: <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2019-emerald-geographic-origin-determination>.
10. Slyvna, O.V. Graphic pegmatites in the evolution of the Azov block from Ukrainian shield. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2015. № 6. P. 5-10.

## References

1. Albom vključen [Gallery of inclusions]. Available at: <https://www.lotusgemology.com/index.php/library/inclusion-gallery>.
2. Baranov P.N. Zakonomernosti raspredeleniya vklyuchenyi kvartsa v spodumenovyih pegmatitah i vmeschayuschih ih granitoidah odnogo iz rayonov Ukrainskogo schita [Regularities in the distribution of quartz inclusions in spodumene pegmatites and host granitoids of one of the regions of the Ukrainian Shield]. *Mineralogiya i genezis pegmatitov*: sb. науч. trudov. Miass, 1991. pp. 102-104.
3. Baranov P.N. Novyyi sposob raschleneniya liparito-ignimbritovogo kompleksa Beregovskogo rayona (Zakarpate) [A new method of dismemberment of the liparite-ignimbrite complex of the Beregovsky district (Transcarpathia)]. *Ontogeniya mineralov i tehnologicheskaya mineralogiya*: sb. науч. trudov. Kiev: Nauk. dumka, 1988. pp. 183-188.
4. Baranov P.N., Sobolev V.V., Pavlishin V.I. Topologiya vklyuchenyi v kristallah kvartsa [Topology of inclusions in quartz crystals]. *Mineralogicheskii sbornik*: sb. науч. trudov. 1992. №467. Vol. 2. pp. 94-97.
5. Slivnaya E.V. Raschlenenie granitoidov zonyi sochleneniya Srednepridneprovskogo i Priazovskogo blokov USch [Dismemberment of granitoids in the junction zone of the Middle Pridneprovsky and Priazovsky blocks of the Ukrainian Shield]. *Naukovyi visnyk NGAU*: zb. nauk. pr. 1999. pp. 44-46.
6. Pro zatverdzhennia Instruksii z orhanizatsii provedennia ta oformlennia ekspertnykh provadzen u pidrozdilakh Ekspertnoi sluzhby MVS Ukrainy [About the approval of the Instruction on the organization of carrying out and registration of expert proceedings in divisions of Expert service of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine] 17.07.2017. № 591. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1024-17>.
7. Giuliani G., Groat L. Geology of Corundum and Emerald Gem Deposits. Available at: <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2019-geology-of-corundum-and-emerald-gem-deposits>.
8. N. Renfro, J. Koivula, J. Muyal, S. McClure, K. Schumacher, J. Shigley. Chart: Inclusions in Natural, Synthetic, and Treated Emerald. Available at: <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2016-inclusions-natural-synthetic-treated-emerald>.
9. S. Saeseaw, N. Renfro, A. Palke, Z. Sun, S. McClure. Geographic Origin Determination of Emerald. Available at: <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2019-emerald-geographic-origin-determination>.
10. Slyvna O.V. Graphic pegmatites in the evolution of the Azov block from Ukrainian shield. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2015. № 6. P. 5-10.

УДК 549.091

П.Н. Баранов, доктор геологических наук, профессор,  
судебный эксперт<sup>1</sup>  
E-mail: pn2dsbaranov@gmail.com

С.В. Шевченко, кандидат геологических наук, доцент,  
зав. кафедры общей и структурной геологии<sup>2</sup>  
Email: shevchenko.s.v@nmu.one

Е.В. Сливная, кандидат геологических наук, доцент кафедры  
геологии и разведки месторождений полезных ископаемых<sup>2</sup>  
E-mail: slyvna.o.v@nmu.one

<sup>1</sup>Днепропетровский НИЭКЦ МВД Украины,  
тупик Строительный, 1, Днипро, 49033, Украина

<sup>2</sup>НТУ «Днепропетровская политехника»  
пр. Д. Яворницкого, 19, Днипро, 49005, Украина

Роль генетической классификации включений  
при определении происхождения и географии изумрудов

Цель статьи – раскрыть проблему генезиса и географии природных изумрудов и наметить пути ее решения. Широкое развитие синтетических аналогов, потрясающее сходство с природными камнями, низкая стоимость и недобросовестность продавцов заставляют геммологов искать новые отличительные критерии природных изумрудов, постоянно переходя на более высокий уровень исследований микровключений, внутренних дефектов кристаллической решетки с привлечение новых методов и высокоточного оборудования. На примере установленных прото-, син-, эпигенетических и вторичных включений в природных изумрудах показана возможность определения географической локализации их месторождений. Приведены основные типы включений в природных изумрудах. Обосновано применение генетической классификации включений для определения генезиса и географии месторождений изумрудов.

Ключевые слова: изумруд, месторождение, происхождение, включение, генетическая классификация.

UDC 549.091

P. Baranov, Doctor of Geological Sciences, Professor,  
Forensic expert<sup>1</sup>  
E-mail: pn2dsbaranov@gmail.com

S. Shevchenko, PhD (Geol.), As. Prof., Head of Department of  
General and Structural Geology<sup>2</sup>  
Email: shevchenko.s.v@nmu.one

O. Slyvna, PhD (Geol.), Associate Professor of the Department of  
Geology and Exploration of Mineral Deposits<sup>2</sup>  
E-mail: slyvna.o.v@nmu.one

<sup>1</sup>Dnipropetrovsk SRECC MIA of Ukraine,  
1 Construction dead-end street, Dnipro, 49033, Ukraine

<sup>2</sup>Dnipro University of Technology,  
19 Yavornytskyi ave., Dnipro, 49005, Ukraine

The role of the genetic classification of inclusions  
in determining the origin and geography of emeralds

The article aims to reveal the problem of the genesis and geography of natural emeralds and outline the ways for its solution. The wide development of synthetic analogs, a stunning similarity with natural stones, low cost and unscrupulous sellers make gemologists look for new distinctive criteria in natural emeralds, constantly moving to a higher level of research on microinclusions, internal defects of the crystal lattice with the use of new methods and high-precision equipment. On the example of determined proto-, syn-, epigenetic and secondary inclusions in natural emeralds, the possibility of geographic localization of their deposits is shown. The main types of inclusions in natural emeralds are given. The application of the genetic classification of inclusions to determine the genesis and geography of emerald deposits has been substantiated.

Keywords: emerald, deposit, origin, inclusion, genetic classification.