

УДК 548.4

## ВИДАТНИЙ ДОСЛІДНИК ФЛЮЇДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ (ДО 50-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ СМЕРТІ ВИДАТНОГО РАДЯНСЬКОГО ВЧЕНОГО Г. ЛЕММЛЕЙНА)

Д. Возняк

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України,  
просп. акад. Палладіна, 34, 03680 Київ, Україна  
E-mail: voznyak@igmof.gov.ua*

Стисло проаналізовано внесок Г. Леммлейна у розвиток науки про флюїдні включення. Багато праць ученого стало класичними. Він уперше пояснив явища розшнуровування, розтріскування, перенаповнення включень, обґрунтував закономірності зміни негативних кристалів у процесі набуття ними рівноважної форми, зафіксував переміщення рідкого включення в напрямі до джерела тепла, запропонував досконалу генетичну класифікацію флюїдних включень тощо. Ім'я Г. Леммлейна посідає почесне місце в історії становлення науки про мінералоутворювальні флюїди включень у мінералах.

*Ключові слова:* Георгій Глібович Леммлейн, генетична класифікація, рідкі включення, розшнуровування, перегрівання включень, негативний кристал.

Ім'я Георгія Глібовича Леммлейна (1901–1962) пов'язане, передусім, з його працями в галузі кристалографії, переважна частина яких стосується морфології та росту кристалів [3]. Проте він відомий і як успішний дослідник флюїдних включень у мінералах. Чимало його кристалографічних досліджень присвячено безпосередньо флюїдним включенням, багато з них стало класичними.

Г. Леммлейн народився 23 серпня 1901 р. в Цюриху (Швейцарія), у 1902 р. його сім'я повернулася до Росії, а через кілька років переїхала в Тифліс. Роки навчання у вищій школі збіглися з роками революції. У Тифлісі Г. Леммлейн у пошуках навчальних лабораторій і цікавих лекторів мандрував від одного навчального закладу до іншого. Однак знайти такий, який би його задовольняв, не міг, тому мало відвідував лекції й займався переважно самоосвітою. Восени 1924 р. Г. Леммлейн переїхав до Ленінграда, де вступив на геолого-мінералогічне відділення фізико-математичного факультету Ленінградського університету. У 1925 р. він брав участь в експедиції в Хакасію від Радієвого інституту. В експедиції Георгій Глібович захворів на туберкульоз костей. Важке захворювання надовго позбавило його участі в будь-яких польових роботах.

Лабораторну працю він почав як практикант у Мінералогічному музеї АН під керівництвом О. Шубнікова, допомагав йому в організації Лабораторії кристалографії [2], яка з часом переросла в Інститут кристалографії імені О. В. Шубнікова РАН. У цьому інституті Г. Леммлейн успішно працював з часу його створення до 1962 р.

Перша наукова праця вченого, що стосувалася флюїдних включень (“Вторинні включення рідини в мінералах”), написана німецькою і побачила світ 1929 р. [3]. Вона вийшла в період втрати інтересу до можливостей флюїдних включень достовірно рекон-

струювати умови утворення мінералів. Зокрема, за 20 років (1920–1939) у світовій літературі вийшло лише десять статей, що стосувалися дослідження включень. Поява названої праці, без сумніву, знімала значні перепони в доцільності їхнього вивчення.

У праці “Вторинні включення рідини в мінералах”, яка міцно увійшла в практику мінералогічних досліджень і є широко цитованою, включення в мінералах уперше розділено за генетичним принципом на дві великі групи: первинні та вторинні включення, а за їхнім вмістом – на аутигенні та ксеногенні. Ця праця, що першою вийшла після 1917 р., засвідчує, що в Радянському Союзі піонером досліджень флюїдних включень у мінералах був Г. Леммлейн.



Учений повернувся до генетичної класифікації рідких (флюїдних) включень 1959 р., збагачений досвідом їхнього вивчення, отриманим протягом останніх 30 років. У праці “Классификация жидких включений в минералах” [3] він, як і раніше, усі включення розділив на дві великі групи – первинні й вторинні, доповнивши систематику утворення включень численними способами їхньої консервації. Серед включень Г. Леммлейн виділяв “протогомогенні” і “протогетерогенні” – перші з них у момент захоплення були гомогенними, інші – гетерогенними. У номенклатурі вторинних включень є “сингенетично й постгенетично вторинні включення”: перші з них заліковували тріщини в кристалах у період росту, другі – після завершення росту кристалів; тобто перші мають сингенетичну зону в кристалах, другі не мають. Такий генетичний поділ вторинних включень робить загальну генетичну класифікацію флюїдних включень Г. Леммлейна досконалою (довершеною). Дослідники, зазвичай, широко її цитують у скороченій формі як двочленну генетичну класифікацію флюїдних включень Г. Леммлейна. Такого ж двочленного генетичного поділу включень дотримувався В. Калюжний (1960), який, незалежно від Г. Леммлейна, дійшов аналогічних висновків. Зазначені класифікації відрізняються між собою термінологічно та за схемою викладу матеріалу, проте аж ніяк не за суттю.

У праці “Классификация жидких включений в минералах”, як і в інших, Г. Леммлейн для узагальнювального позначення первісного вмісту включень (газ, рідина, розплав) використав термін “жидкие включения” (українською – рідкі, рідинні включення), який у майбутньому, на жаль, не набув широкого вжитку, а його синонім “флюїдні” включення (англійською fluid – рідкий, плинний) застосовують широко.

Під час вдало поставлених експериментів Г. Леммлейн детально зафіксував і описав процес заліковування тріщин у кристалах легкорозчинних у воді сполук, зазначив про аномальну зміну наповнення вторинних флюїдних включень у процесі розділення більших за розміром на дрібніші. Таке явище отримало назву розшнуровування включень. Аналогічні за походженням включення повсюдно трапляються в природних кристалах. Праці вченого стали класичними, їх часто цитують вітчизняні та зарубіжні вчені.

Г. Леммлейн наголосив на послідовності самовільного перетворення форми негативних включень (ограничених флюїдних включень) на шляху до рівноважної. У процесі зміни форми негативного кристала внаслідок зменшення надлишкової вільної поверхневої енергії виділяється тепло, прояв якого йому вдалося задокументувати.

Флюїдні включення у кристалах зберігають інформацію про еволюцію багатьох параметрів мінералоутворювального флюїду. Г. Леммлейн [1] уперше зауважив, що за зміною вмісту флюїдних включень, які виникають під час перетину залікованих тріщин різного віку й наповнення, можна зробити обґрунтований висновок про зміну мінералоутворювального середовища в процесі росту кристала. Це незначне, на перший погляд, спостереження увійшло в практику мінералогічних досліджень як метод перенаповнення, як спосіб визначення відносного віку флюїдних включень, який розвинув В. Калюжний. Метод виявився надзвичайно ефективним у відтворенні еволюції *PTX*-параметрів мінералоутворювального середовища в період формування різних геологічних об'єктів, зокрема, складних за генезисом камерних пегматитів.

Г. Леммлейн і М. Клія вперше описали так звані розтріскані включення, які утворюються внаслідок перевищення флюїдного тиску включення над зовнішнім на певне критичне значення [3]. Такі умови фіксують важливі епізоди природного мінералоутворення. Дослідники експериментально відтворили процес їхнього розтріскування внаслідок перегрівання однофазових водних включень у натрієвій селітрі. З'ясовано, що включення загалом розтріскуються в мінералах по тріщинах, площини яких розташовані перпендикулярно до напрямів з найменшим зчепленням.

Визначення *PT*-параметрів мінералоутворення за флюїдними включеннями ґрунтуються, головню, на експериментальних даних систем, які за хімічним складом близькі до включень у мінералах. Тривалий час для цього використовували лише дані, отримані для води. Г. Леммлейн і П. Клевцов уперше провели цикл експериментальних робіт з визначення основних термодинамічних параметрів для частини системи  $H_2O-NaCl$  [3]. Ці роботи дали змогу визначити вплив солоності розчинів на температуру гомогенізації включень, а також поправку на тиск до температури гомогенізації для включень, що були захоплені з гомогенної системи розчинів.

Свого часу значний інтерес і дискусію серед дослідників викликали виявлені Г. Леммлейном включення зі світловими облямівками (Леммлейн, 1950; Леммлейн, Клія, 1958) [3]. На думку вченого, відокремлена від основної маси кристала речовина топазу, берилу випала з вмісту включення. З часом було доведено, що таке твердження помилкове: ця речовина формується внаслідок перевідкладання мінералу змінного складу, до яких належать і топаз, і берил, розчином включення в процесі набуття ним форми

рівноважного негативного кристала. Оскільки процес перебудови форми включення відбувається за інших *PT*-параметрів, ніж кристалізація мінералу-господаря, то перевідкладена речовина має інший хімічний склад (показник заломлення). Такий процес зміни форми включення відбувається за участю водного розчину, що вирізняється малою концентрацією в ньому речовини мінералу-господаря. Згадана праця містить настільки досконале логічне обґрунтування, що її висновками, як достовірними, користуються іноді й сьогодні. Цим епізодом підтверджена відома думка, що помилки видатних дослідників, до яких, безумовно, належить Г. Леммлейн, більше важать, ніж наведені в багатьох працях “досягнення”.

Дослідження Георгія Глібовича Леммлейна заклали основу науки про флюїдні включення у мінералах. Його ім'я посідає почесне місце серед її засновників.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Леммлейн Г. Г. Исследования образования жидких включений в кристаллах / Г. Г. Леммлейн // Вопросы геохимии и минералообразования. – М. : Изд-во АН СССР, 1956. – С. 139–140.
2. Леммлейн Г. Г. Автобиография / Г. Г. Леммлейн // Морфология и генезис кристаллов. – М. : Наука, 1973. – С. 12–16.
3. Леммлейн Г. Г. Морфология и генезис кристаллов / Г. Г. Леммлейн. – М. : Наука, 1973. – 328 с.

*Стаття: надійшла до редакції 27.04.2012  
прийнята до друку 29.05.2012*

### **PROMINENT EXPLORER OF FLUID INCLUSIONS (TO THE 50<sup>th</sup> ANNIVERSARY OF THE DEATH OF OUTSTANDING SOVIET SCIENTIST G. LÄMMLEIN)**

**D. Voznyak**

*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU,  
34, Acad. Palladin Av., 03680 Kyiv, Ukraine  
E-mail: voznyak@igmof.gov.ua*

Contribution of G. Lämmlein in the fluid inclusions science is summarized. Many of his works have become classics. He was the first who explained the phenomena: unlacing, overheating, overfilling of the inclusion, founded the regularities of changes in negative crystals in the process of the acquiring their equilibrium shape, fixed displacement of the liquid inclusion in the direction of the heat source and offered the sophisticated genetic classification of the fluid inclusions etc. His name occupies the place of honour in history of the development of mineral inclusions in minerals science.

*Key words:* G. G. Lämmlein, genetic classification, fluid inclusions, unlacing, overheating inclusions, negative crystals.

**ВЕЛИКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ**

**(К 50-ЛЕТИЮ СО ДНЯ СМЕРТИ ВЫДАЮЩЕГОСЯ СОВЕТСКОГО  
УЧЁНОГО Г. ЛЕММЛЕЙНА)**

**Д. Возняк**

*Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н. П. Семеновко НАНУ,  
просп. акад. Палладина, 34, 03680 Киев, Украина  
E-mail: [voznyak@igmof.gov.ua](mailto:voznyak@igmof.gov.ua)*

Кратко освещён вклад Г. Леммлейна в развитие науки о флюидных включениях. Многие из работ учёного стали классическими. Он первым объяснил явления расшнуровывания, перегрева, переполнения включений, обосновал закономерности изменения отрицательных кристаллов в процессе приобретения ими равновесной формы, зафиксировал перемещение жидкого включения в направлении к источнику тепла, предложил совершенную генетическую классификацию флюидных включений и т. д. Его имя занимает почётное место в истории становления науки о минералообразующих флюидах включений в минералах.

*Ключевые слова:* Георгий Глебович Леммлейн, генетическая классификация, жидкие включения, расшнуровывание, перегрев включений, отрицательный кристалл.