

ISSN 2078-6220

**МІНЕРАЛОГІЧНИЙ
ЗБІРНИК**

№ 68

Випуск 2

2018

**MINERALOGICAL
COLLECTION**

N 68

Issue 2

Published since 1947

**МІНЕРАЛОГІЧНИЙ
ЗБІРНИК**

№ 68

Випуск 2

Виходить з 1947 р.

Ivan Franko
National University of Lviv

Львівський національний
університет імені Івана Франка

2018

Друкується за ухвалою Вченої Ради
Львівського національного університету
імені Івана Франка.
Протокол № 67/4 від 24.04.2019 р.

Свідоцтво про державну реєстрацію
серія КВ № 14604-3575Р від 29.10.2008 р.,
перереєстровано як фахове видання України
(наказ Міністерства освіти і науки України
№ 747 від 13.07.2015 р.)

У збірнику опубліковано статті з космічної та розшукової мінералогії, термобарогеохімії, мінералогії вугілля та історії мінералогії. Наведено також розділ “Хроніка”.

The articles regarding cosmic and prospecting mineralogy, thermobarogeochemistry, mineralogy of coal and history of mineralogy are published in the Collection. See also the section “Chronicle”.

Редакційна колегія:

д-р геол.-мін. наук, проф. *Орест Матковський* (головний редактор), д-р геол. наук, проф. *Микола Павлунь* (заступник головного редактора), канд. геол.-мін. наук, доц. *Євгенія Сливко* (відповідальний секретар), канд. геол.-мін. наук, доц. *Сергій Бекеша*, канд. геол.-мін. наук, доц. *Петро Білоніжка*, д-р геол.-мін. наук, проф. *Василь Гулій*, д-р геол.-мін. наук, проф. *Валерій Євєхов*, д-р природничих наук, доц. *Станіслав Єлень* (Словаччина), д-р геол. наук, проф. *Федір Зузук*, д-р геол.-мін. наук, проф. *Віктор Квасниця*, д-р геол. наук, проф. *Миرون Ковальчук*, д-р геол. наук, ст. наук. співроб. *Юрій Колтун*, д-р геол. наук, проф. *Віктор Мельничук*, д-р геол. наук, ст. наук. співроб. *Ігор Наушко*, д-р геол.-мін. наук, проф. *Володимир Павлишин*, габілітований д-р, проф. *Ярослав Пришек* (Польща), канд. геол.-мін. наук, доц. *Леонід Скакун*, д-р геології, проф. *Холлі Стейн* (США), д-р геол. наук, доц. *Юрій Федоришин*, д-р геол. наук, проф. *Олександр Чепіжко*, д-р геол.-мін. наук, ст. наук. співроб. *Герман Яценко*.

Editorial Board:

Professor *O. Matkovskiy* – Editor-in-Chief,
Professor *M. Pavlun* – Assistant Editor,
Associate Professor *Ye. Slyvko* – Managing Editor

Відповідальний за випуск: д-р геол.-мін. наук, проф. *Орест Матковський*
Упорядник: канд. геол.-мін. наук, доц. *Євгенія Сливко*

Адреса редколегії:

Львівський національний університет імені
Івана Франка, геологічний факультет,
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005
тел. (38)(032)239-47-00

Editorial office address:

Ivan Franko National University of Lviv,
Geology Department,
4, Hrushevskoho St., Lviv, Ukraine, 79005
tel.: (38)(032)239-47-00

<http://publications.lnu.edu.ua/collections/index.php/mineralogy>

Редактор О. КУЗИК

Технічний редактор С. СЕНИК

Комп'ютерна верстка Є. СЛИВКО

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ, ВИДАВЦЯ І ВИГОТОВЛЮВАЧА:
Львівський національний університет
імені Івана Франка,
вул. Університетська, 1, Львів, Україна, 79000.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої
справи до Державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої
продукції. Серія ДК № 3059 від 13.12.2007 р.

Формат 70×100/16.
Умовн. друк. арк.
Тираж 100 прим.

© Львівський національний університет
імені Івана Франка, 2018

УДК 549-044.7(477)

Орест Матковський¹, Володимир Павлишин²

¹Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005,
mineral@franko.lviv.ua

²Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ,
просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 03680,
pavlishyn@gmail.com

УНІВЕРСИТЕТСЬКИЙ ПЕРІОД СТАНОВЛЕННЯ Й РОЗВИТКУ ОПИСОВОЇ МІНЕРАЛОГІЇ В УКРАЇНІ (XIX ст.–1940-ві роки)

Стисло проаналізовано університетський період становлення й розвитку описової мінералогії в Україні. Його початок пов'язаний з прогресом у розвитку хімії і кристалографії та появою двох українських велетнів: Івана Пулюя – відкривача рентгенівських променів та Івана Верхратського – розробника україномовної мінералогічної і кристалографічної термінології. Мінералогічні дослідження в цей час провадили вчені в університетах (Львівський, Харківський, Київський, Одеський та ін.), інститутах (Дніпропетровський гірничий, Криворізький гірничорудний, Харківський хіміко-технологічний, Київський та Львівський політехнічні тощо), наукових товариствах (Київське природознавців, Польське природознавців імені Коперника, дослідників Волині та ін.). Найпродуктивнішою була діяльність співробітників університету Святого Володимира в Києві та Київського товариства природознавців. Особливе значення в розвитку мінералогії описуваного періоду мало заснування (1918) і початок діяльності Українського геологічного комітету та Української академії наук (перші керівники – проф. В. Лучицький і акад. В. Вернадський).

Ключові слова: мінералогія, мінералогічні дослідження, кафедра, університет, інститут, геологічне товариство, В. Вернадський, В. Лучицький, Україна.

В історії мінералогії ми виділяємо п'ять періодів. Університетський період становлення й розвитку описової мінералогії (XIX ст.–1940-ві роки) є третім [14]. Відомості про мінералогічні дослідження під час цього періоду наведено в узагальнювальних публікаціях Є. Лазаренка “Развитие минералогии в Украинской ССР за 30 лет Советской власти” [11] та у збірнику наукових праць “История минералогических исследований на Украине” [8], який містить нарис про історію мінералогії в Україні (В. Павлишин), історію мінералогічних досліджень у Київському (О. Зінченко, В. Латиш, В. Молявко), Харківському (П. Заріцький) та Львівському (О. Матковський) університетах, Дніпропетровському гірничому інституті (Л. Куцевол, Л. Козловський, П. Баранов), на Донбасі (Б. Панов, А. Горовий), у Криму (Ю. Полканов, Є. Марченко) і Кривбасі (Б. Пирогов), а також відомості про історію розвитку технічної мінералогії і петрографії (А. Бережний) та мінералогічного вивчення кір звітрявання Українського шита

(О. Додатко), становлення мінералогії імпактних утворень (А. Вальтер), вивчення мінералогічних закономірностей локалізації найголовніших неметалів України (А. Отрешко), внесок В. Вернадського у вивчення силікатів і алюмосилікатів (О. Литвин) та розвиток метеоритики (В. Семененко). У нарисі В. Павлишина стисло викладено історію мінералогічних досліджень в Україні, які диференційовано на п'ять етапів: перший – мінералогічні знання давнини й в епоху Київської Русі; другий – експедиційний період розвитку мінералогії (XVIII ст.); третій – розвиток описової мінералогії (XIX–перша половина XX ст.); четвертий – розквіт регіонально-мінералогічних, кристалохімічних і термобарогеохімічних досліджень (1940–1970-ті роки); п'ятий – сучасний етап розвитку мінералогії (з 1960–1970-х років) [8].

У започаткуванні університетського періоду становлення й розвитку описової мінералогії особливу роль відіграли досягнення в хімії та кристалографії XIX ст. і поява двох українських учених-велетнів – Івана Пулюя (1845–1918) та Івана Верхратського (1846–1919), а також україномовних підручників з мінералогії для середніх шкіл і гімназій.

Прогрес у хімії й кристалографії нерозривно пов'язаний з відкриттям 50 хімічних елементів, що значно сприяло виявленню рекордної кількості нових мінеральних видів, відкриттю явищ ізоморфізму й поліморфізму, періодичного закону хімічних елементів, низки нових кристалографічних фактів і симетрійних законів – семи сингоній, 32 видів симетрії, 47 простих форм, принципу симетрії Кюрі тощо.

З іменем І. Пулюя пов'язане відкриття наприкінці XIX ст. рентгенівських променів, що заклало фундамент для напрацювання нового підходу до вивчення мінералів як кристалічних тіл. Історія цього відкриття непроста, адже І. Пулюй виявив рентгенівські промені більш ніж за 10 років до того, як їх відкрив В. Рентген (1895), ім'ям якого їх згодом і назвали. Насправді ж, згідно з новітніми даними (див. літературу про І. Пулюя у праці [4]), їхнім відкривачем був не В. Рентген, а український фізик і винахідник проф. І. Пулюй.

У романі Р. Іваничука “Шрами на скелі” є такі слова А. Ейнштейна, який приятелював з І. Пулюєм: “Не можу Вас нічим втішити: що сталося – не відстанеться. Хай залишиться при Вас сатисфакція, що і Ви вклали свою частку в епохальне відкриття. Хіба цього мало? А коли на тверезий розум, то все має логіку. Хто стоїть за Вами рутенійцями – яка культура, які акції? Прикро Вам це слухати, але куди подінешся від своєї долі? А за Рентгеном – уся Європа!”.

Видатний природодослідник І. Верхратський був фундатором україномовної термінології природничих наук, у тім числі мінералогії й кристалографії, автором україномовного перекладу двох видань підручників “Мінералогія для нижчих класів шкіл середніх (1894)” та “Мінералогія для вищих класів шкіл середніх” (1898) [2, 3].

Нагальна потреба у створенні української наукової термінології з'явилась у другій половині XIX ст. у зв'язку з українським національним відродженням, з розвитком науки і техніки. Відсутність такої термінології зумовлена тодішнім колоніальним становищем України і тим, що інженерно-технічні заклади були російсько-польсько-німецькомовні. Це стосувалося й мінералогії. Зокрема, великі труднощі виникали під час підготовки україномовних підручників Василя Воляна “Первия понятія о царстве ископаемых, или Минералогия для нижших гимназий і реальних шкіл” (1854) і Михайла Полянського “Мінералогія для нижчих класів середніх шкіл” (1875) та “Мінералогія і геологія для вищих класів шкіл середніх” (1854), а також зазначених вище двох підручників І. Верхратського.

Усе це зумовило необхідність підготовки й видання І. Верхратським 1909 р. праці “Виразня мінералогічна” у збірнику наукового товариства ім. Шевченка (НТШ) “Математично-природничо-лікарська секція”. Це своєрідний українсько-німецький словник з кристалографії й мінералогії, у якому всю спеціальну термінологію (“виразню”) наведено українською мовою. Наприклад, учений запропонував такі назви простих форм кристалів: дашник (нині дієдр), граняк (призма), оstriця (піраміда), чотиристінник (тетраєдр), шестистінник (куб), восьмистінник (октаєдр). Для опису фізичних властивостей мінералів підібрано такі терміни, як лупність (нині спайність) (дуже досконала, виразна, невиразна, восьмистінкова (октаєдрична), шестистінкова (гексаєдрична), дванадцятистінкова (додекаєдрична), оstriцева (пірамідальна)) і смак (терпкий, солодкий, лугуватий, гіркий, квасний тощо).

Звичайно, нині ці терміни вживають зрідка, що зумовлено двома причинами. Перша пов’язана з тим, що праця І. Верхратського опублікована в збірнику НТШ, який мало відомий більшості мінералогів, а за часів тоталітарного режиму був узагалі закритий. Другою причиною є те, що основна спеціальна термінологія мінералогії та кристалографії має грецьке або латинське походження, вона міцно ввійшла в мови майже всіх країн світу [2].

На початку ХХ ст. в Києві організовано академічний Інститут української наукової мови, який розгорнув значну діяльність у царині складання українських термінологічних словників з усіх галузей науки, техніки, діловодства тощо. За короткий час Інститут у співпраці з НТШ підготував і частково видав близько 60 різних словників. Серед них “Словник геологічної термінології” (1923), укладений видатним українським ученим П. Тутковським, який був одним з ініціаторів організації видання “Матеріали до української природничої термінології і номенклатури”. Він писав так: “Визначаючи велику могутність слова як знаряддя людської мислі, ми відчуваємо кипучу потребу в розробці української природничої термінології”. На жаль, цього не сталося [1].

Розвитку університетської науки та освіти у ХІХ–на початку ХХ ст. на окупованих частинах майбутньої України сприяли вчені метрополій винятково на засадах їхніх інтересів. Зубожіле корінне населення мало обмежений доступ до університетських кафедр. Тому в складі цих кафедр нелегко знайти прізвище українця. За часів радянської України ситуація поліпшилася, хоча були й репресії вчених, передусім, не згідних з політикою комуністичної партії. Водночас успіхи хімії й кристалографії у Західній Європі та Росії сприяли становленню мінералогії в Україні завдяки розширенню й поглибленню мінералогічних досліджень, упровадженню методів аналізу хімічного складу мінералів, гоніометричного вивчення кристалів, дослідження фізичних властивостей мінералів.

Мінералогічні дослідження протягом цього періоду провадили, головню, учені університетських кафедр, менше – інших установ чи окремі дослідники. У ХІХ ст. завдяки діяльності Львівського (заснований 1661 р.), Харківського (1805), Київського (1834), Новоросійського (Одеського, 1865) університетів (згодом державних, нині національних), Катеринославського (Дніпропетровського, 1899) гірничого інституту (згодом Національний гірничий університет, нині Національний університет “Дніпровська політехніка”) вони стали більш систематичними й цілеспрямованими. У цьому сенсі велика заслуга належить ученим Києва (К. Феофілактів, П. Армашевський, П. Тутковський, П. Венюков, В. Лучицький), Львова (Ф. Циркель, Ф. Крейтц, Ю. Медведський, З. Вейберг, Ю. Токарський), Харкова (І. Леваковський, А. Гуров, Н. Борисяк, П. П’ятницький), Одеси (Р. Прендель, В. Ласкарев, М. Сидоренко), Дніпропетровська (Н. Лебедев,

І. Танатар, Л. Іванов). Не можна не згадати про вчених з інших установ – Львівської технічної академії (заснована 1844 р.), а згодом – політехнічної школи, Львівського політехнічного інституту (нині Національний університет “Львівська політехніка”), Чернівецького університету (1875, нині Чернівецький національний університет імені Ю. Федьковича), Київського політехнічного інституту (1898, нині Національний технічний університет “Київська політехніка”), Таврійського (Сімферопольського) університету імені М. В. Фрунзе (1918, нині Таврійський національний університет імені В. І. Вернадського), Катеринославського університету (1918, нині Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара), Криворізького гірничорудного інституту (1922, згодом Криворізький технічний (нині національний) університет), Донецького гірничорудного інституту (1926, нині Донецький національний технічний університет).

Переломним в історії української мінералогії став 1918 р., коли засновано дві доленосні для науки та практики України державні установи – Український геологічний комітет (УГК) і Українську академію наук (УАН), завдяки яким розвиток мінералогії пришвидшився й вона поступово оформилася в Україні як фундаментальна наука. У цьому процесі, крім державних інституцій, не останню роль відіграли науково-громадські організації й товариства, діяльність яких була пов’язана з вивченням природи України.

Мінералогія у **Львівському університеті** має довгу і складну історію [10]. У її розвитку виділено шість періодів, які так чи інакше збігаються з державними устроями в краї [13]. Університетський описовий період охоплює закінчення другого, австро-угорського, третього, головню, австро-угорського та четвертого, головню, польського періодів.

У цей час провадили активні мінералого-петрографічні дослідження. Зокрема, з закінченням другого періоду розвитку мінералогії у Львівському університеті пов’язана діяльність нашого земляка С. Дуніна-Борковського та відкриття у 1852/53 навчальному році Мінералогічного музею. Станіслав Дунін-Борковський провадив у власній хімічній лабораторії, розташованій у Винниках біля Львова, хіміко-мінералогічні дослідження природних об’єктів. Він зібрав статистичні дані про видобуток руд у Галичині, вивчення бурштину з околиць Львова, самородної сірки Трускавця, содаліту з лав Везувію, мінералів Галичини й Буковини, а також подарував Мінералогічному музею велику колекцію мінералів.

Пізніше мінералого-петрографічні дослідження провадили на кафедрах мінералогії (1864) і кристалографії (1922); вони пов’язані, головню, з діяльністю керівників цих кафедр – професорів Ф. Циркеля, Ф. Крейтца, Ю. Медведського, З. Вейберга, Ю. Токарського, Л. Хробака, К. Смуліковського, С. Біскупського.

Фердинанд Циркель – засновник і перший завідувач кафедри мінералогії – є одним із основоположників мікроскопічного методу в мінералогії й петрографії, автор знаменитої праці “Lehrbuch der Petrographie”, яку видавали двічі (1866, 1873). Він домігся асигнувань на розвиток Мінералогічного музею і придбання колекції з 2 800 взірців мінералів, вивчав магматичні гірські породи Ісландії, Шотландії, Італії, Франції, Північної Америки, Індії.

Після Ф. Циркеля короткий час (1868–1870) кафедру мінералогії очолював за сумісництвом професор зоології Максиміліан Герман Шмідт, згодом – доктор філософії за спеціальністю мінералогія Фелікс Крейтц, який водночас був директором Мінералогічного музею, а протягом 1874–1875 рр. – деканом філософського факультету. Він один із засновників Польського товариства природознавців імені Коперника (1874), його пер-

ший президент (1874–1875). Йому належать мінералого-петрографічні дослідження магматичних, метаморфічних, осадових порід та пов'язаних з ними корисних копалин (нафта, солі тощо) Карпат, Передкарпаття й Волині, вивчення люмінесценції мінералів у зв'язку з їхнім генезисом, волинських турмалінів і гранатів. Протягом 1881–1893 рр. учений опублікував нові дані про природу синього забарвлення галіту й підкарпатські гіпси, а також морфологію кальциту (1906).

З 1887 по 1889 рр. кафедрою мінералогії завідував наш земляк Юліан Медведський (Julian Niedźwiedzki). У 1873 р. його запросили на посаду професора мінералогії і геології Технічної академії (згодом Політехнічної школи) у Львові, де він працював до кінця життя. Тричі його обирали ректором Політехнічної школи (1880, 1885, 1888). Він був засновником геолого-мінералогічного музею та його упорядником, одним із засновників і довголітнім головою Польського товариства природознавців імені Коперника, брав активну участь у виданні журналу “Cosmos”, на його сторінках увів декілька рубрик. Відомі праці Ю. Медведського з мінералогії, петрографії і геології Карпат, Передкарпаття, Волино-Поділля, а також підручники з мінералогії (1909) і петрографії (три видання – 1898, 1906, 1909). У працях мінералого-петрографічного спрямування наведено детальний петрографічний опис взірців вивержених порід, що їх привезли 1866 р. з Арабського півострова учасники віденської астрономічної експедиції, результати дослідження рідкісного арсенового мінералу льолінгіту і псевдоморфоз хлориту по гранату, а також базальтової лави, виявленої у вуглистих сланцях вугільного басейну Муравської Остриви, та ін. В опублікованій 1888 р. праці “Про сутність кристалів” учений зазначив, що кристалографія як наука повинна існувати окремо від мінералогії й мати статус фундаментальної науки.

З іменем Зигмунда Вейберга, який отримав ступінь магістра мінералогії і геогнозії в Московському університеті та вчений ступінь доктора мінералогії і геогнозії в Петербурзькому, пов'язане створення 1922 р. кафедри кристалографії (другої у світі), яку він очолював. Водночас з 1925 по 1933 рр. науковець керував кафедрою мінералогії. Йому належать численні праці з проблем експериментальної мінералогії та вчення про ізоморфізм, оригінальні підручники з мінералогії, кристалографії та кристалооптики польською мовою. Учений відкрив кристалічну речовину, яка належить до інверсійно-примітивного (тетраедричного) виду тетрагональної сингонії. Це був штучно отриманий ним алюмосилікат кальцію $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$.

З 1933 по 1939 рр. кафедрою мінералогії і петрографії завідував професор Юліан Токарський, відомий педагог і дослідник у галузі мінералогії та петрографії (протягом 1920–1934 рр. – завідувач кафедри мінералогії і петрографії Львівської політехніки). Ученому належать праці, присвячені мармароським “діамантам”, мелантериту і керамогаліту з менілітової серії Карпат, сингеніту з околиць Морщина, волинському санідину і незвиським фосфоритам Волино-Поділля, магматичним породам Волині та інших регіонів. Він виховав велику плеяду молодих кадрів, сформував мінералого-петрографічну школу, з якої вийшло багато відомих учених, серед яких К. Смуліківський та С. Біскупський [19].

Надзвичайно важливими стали геологічні експедиції в Чивчинські гори Карпат, проведені під керівництвом Ю. Токарського 1929 і 1930 рр., під час яких відкрили манганові і графітові (субграфітові) руди. За результатами цих експедицій та досліджень руд і вмисних метаморфічних порід опубліковано колективну монографічну працю “Pasma gór Czywczyńskich” (Tokarski, Kamiński, Pazdro et al., 1934), у якій висвітлено міне-

ральний і хімічний склад манганових силікатно-карбонатних руд, їхній генезис та запаси. Для субграфіту (С – 97 %, Н – 3,0, N – 0,2 %) запропоновано назву крейцит.

Казимир Смуліковський, який протягом 1921–1930 рр. був асистентом кафедри мінералогії і петрографії Львівської політехніки, у 1944 р. завідував кафедрою мінералогії Львівського університету. Його наукові дослідження стосувались мінералогії і петрографії північно-західної частини Українського щита і Карпатського регіону. Він учасник геологічних експедицій у Чивчинські гори і співавтор уже згадуваної монографії “Pasma gór Czuwczyńskich” (1934) та монографії “Studia petrologiczna obszarów granitowych na północnym Wołyniu” (1946). Йому належить відкриття в Карпатах нового мінералу – сколіту (1936). У 1937 р. учений опублікував дані про молібденіт і мінерали габрових порід з околиць Ясногірки в північно-західній частині Українського щита.

Наприкінці описуваного періоду (1939–1941) було створено природничий факультет, а на ньому – геологічне відділення. Деканом факультету став проф. С. Біскупський. У геологічному відділенні були кафедри кристалографії (завідувач проф. Л. Хробак), мінералогії (проф. С. Біскупський) і петрографії (проф. Ю. Токарський), Мінералогічний музей (Г. Піотровський), петрографічний кабінет (К. Смуліковський).

Стефан Біскупський – мінералог і петрограф – протягом 1929–1936 рр. працював молодшим асистентом, асистентом, старшим асистентом, 1936–1939 – ад’юнктом кафедри мінералогії і петрографії, 1939–1941 – завідувачем кафедри мінералогії Львівського університету. Автор низки наукових праць з мінералогії і петрографії осадових відкладів та пов’язаних з ними корисних копалин (фосфоритів, солей тощо) Карпатського регіону, Волино-Поділля. Розробив методику твердого визначення калійних мінералів у солях Калуського родовища.

Мінералого-петрографічні дослідження у **Харківському університеті**, заснованому В. Каразіним (1773–1842) у 1805 р., розпочалися з перших днів існування. У 1807 р. засновано мінералогічний кабінет (пізніше музей), а 1837 р. відкрито кафедру мінералогії та геогнозії [8, 17, 18].

Першими викладачами “початкових основ мінералогії” були хіміки М. Крюгер, І. Сухомлінов, А. Таубер. За свідченнями І. Сухомлінова, саме В. Каразін “добытое им при сжигании угля с расчетом “чрезвычайно твердое вещество в кристаллах” почел подходящим ближе к алмазу”. Ці досліді В. Каразін проводив 1823 р., тобто на п’ять років раніше, ніж це зробили французькі дослідники Каньяр-Латур і Ганналь (1828), які фактично продублювали досліді з “алмазоутворення” В. Каразіна. В опублікованій 1841 р. статті “О сжигании углей с расчетом” він так описав цю подію: “Сталось мені добути не лише подібну до антрациту, а й надзвичайно тверду речовину в кристалах, яку професор Сухомлінов вважав, що вона ближче підходить до алмазу!!!”. На жаль, у цій публікації нема відомостей про умови проведення дослідів, натомість у ній є ще дві згадки про діамант, в одній з яких наведено дані, близькі до сучасних уявлень про поліморфізм.

Кафедру мінералогії та геогнозії спочатку очолював професор зоології І. Криницький, а з 1838 р. – професор зоології І. Калініченко. І тільки з 1843 р. на цю посаду почали призначати фахівців, які одержали вищу освіту з геологічним ухилом або стипендіатів для підготовки до професорського звання на кафедрі мінералогії і геогнозії. Ними були проф. Н. Борисяк (1843–1868), який викладав курс мінералогії, завідував мінералогічним кабінетом і провадив значну наукову роботу, та його учень проф. А. Брію (з 1869 р.), який читав обов’язковий курс мінералогії та започаткував в університеті спе-

ціальні курси з генетичної мінералогії (1887–1889) і кристалографії (1890–1895, 1904–1905).

У 1863 р. кафедру мінералогії і геогнозії розділили на дві самостійні кафедри – мінералогії та геології з палеонтологією, проте 1864 р., згідно з новим статутом університету, їх знову об'єднали, та це об'єднання було формальне, оскільки зазначені вище дисципліни викладали самостійні професори, і так тривало до 1905 р. З 1892 р. на кафедрі почав працювати проф. П. П'ятницький, який читав курс фізичної і геометричної кристалографії, а пізніше – самостійні курси мінералогії і петрографії паралельно з курсом, який читав проф. А. Бріо.

У дореволюційному Харківському університеті дослідження з мінералогії і петрографії були не дуже поширені. Їх провадили Н. Борисяк, А. Бріо, П. П'ятницький, І. Леваківський і, особливо, А. Гуров. Зокрема, Н. Борисяк вивчав кам'яне вугілля й антрацит, будівельне каміння, магматичні породи, глини, вапняки, залізняки та ін. Великою заслугою А. Бріо було застосування методу відображення хімічного складу магматичних порід, який давав змогу обчислювати відсотковий вміст у них породоутворювальних мінералів; тривалий час цей метод був основою всіх хімічних класифікацій магматичних порід. Найвідомішу наукову працю цього періоду “Геологический очерк кристаллических пород в Мариупольском и Бердянском уездах” написав А. Гуров. У ній наведено ґрунтовний опис докембрійських порід Приазовського масиву, критично розглянуто наявні на той час уявлення про генезис гранітів і гнейсів, уперше в Харківському університеті застосовано мікроскопічний метод вивчення й визначення мінералів та гірських порід. Під керівництвом А. Гурова студент університету Ф. Жентуріст (1882) уперше в країні виконав мікроскопічні дослідження кам'яного вугілля.

З 1905 по 1917 рр. кафедру мінералогії очолював П. П'ятницький, який вивчав геологію і петрографію Українського кристалічного масиву. У 1893 р. він розпочав ґрунтовні мінералогічні дослідження, пов'язані з мікроскопічним, частково хімічним вивченням залізистих роговиків і джеспілітів для розуміння їхнього генезису. У роговиках учений визначив гематит, а в рудних шарах – мартит. У цей же час К. Савич-Заблоцький провадив важливі роботи на Кавказі й у Приазов'ї, брав участь у мінералогічних дослідженнях, розшуках та оцінюванні слюдоносності пегматитів, керамічної сировини і графіту, детально вивчав ільменітові піски Азовського моря.

Протягом 1917–1932 рр. Харківський університет неодноразово реорганізували [8, 17, 18]. У 1923 р. кафедру мінералогії очолив проф. К. Савич-Заблоцький (1877–1967), а наукову роботу в галузі мінералогії і петрографії провадили здебільшого на створеній 1922 р. науково-дослідній кафедрі геології (у 1939 р. її перейменували в Харківську філію Українського НДІ геології), а з 1933 р. – у НДІ геології при Харківському університеті, де в аспірантурі навчалися Л. Карякін, Д. Бобровник, К. Шандиба, П. Белік.

У 1933 р. на заново створеному геолого-географічному факультеті Харківського університету розпочали масову підготовку фахівців-геологів, у 1934 р. на ньому відкрито кафедру петрографії. На геологічному відділенні розширено програми основних курсів з мінералогії і петрографії, уведено нові курси з кристалографії, геохімії, рудних родовищ, учення про фації. В аспірантуру зарахували перших випускників-геологів – Є. Лазаренка, М. Логвиненка, М. Шкабару, які успішно захистили кандидатські дисертації. Мінералогічні роботи цього періоду стосувались опису жильних мінералів і сульфідних руд Нагольного кряжа (Є. Лазаренко, П. Белік), крейдових фосфоритів (К. Савич-Заблоцький), третинних фосфоритів (К. Шандиба), цеолітів (М. Шкабара). Євген Лазаренко 1937 р. блискуче захистив кандидатську дисертацію на тему “Минералогия

свинцово-цинкових месторождений Нагольной Тарасовки в Донбассе”, проте з невідомих причин йому відмовили в зарахуванні на вакантну посаду в університеті.

Надзвичайно активними протягом описуваного періоду були мінералогічні дослідження в **Київському університеті** (тоді університет Святого Володимира), у якому в рік його відкриття (1824) запрацювала кафедра мінералогії й геогнозії [5]. Її очолив хімік за фахом К. Зенович, який читав перші курси мінералогії. Він розпочав організацію мінералогічного кабінету, якому було передано мінералогічні колекції Волинського (Кременецького) ліцею та Віленської медико-хірургічної академії. У 1837 р. кафедру очолив проф. Е. Гофман, відомий тоді геолог, який упорядкував і розширив кам'яний фонд Мінералогічного кабінету. Він також написав російськомовний підручник “Общая ориктогнозия, или учение о признаках минералов”, який містить загальні положення геометричної кристалографії, опис зовнішніх і фізичних ознак мінералів та методу дослідження мінералів за допомогою паяльної трубки.

Після Е. Гофмана мінералогічні дослідження в Київському університеті плідно розвивались під керівництвом К. Феофілактова, який очолював кафедру з 1845 по 1891 рр. З ним пов'язане формування і становлення київської школи геологів, Товариства природознавців і самого університету за часів його ректорства. Саме К. Феофілактову належить стаття “О правильном сростании минералов группы полевых шпатов” (1876), яка помітно вплинула на розвиток мінералогічних і петрографічних досліджень гранітів Українського щита. Учений визначив їхній різний вік, почав застосовувати мікроскопічні методи дослідження. Усе життя він, як міг, збагачував Мінералогічний та Геологічний кабінети навчальною й науковою літературою, колекціями мінералів, приладами. З “феофілактівської школи” вийшло багато відомих учених – П. Армашевський, Л. Крижанівський, П. Тутковський, В. Лучицький, В. Тарасенко, П. Чирвинський та ін.

Зокрема, П. Тутковського після закінчення Київського університету (1882) залишили на кафедрі мінералогії та геогнозії для підготовки до професорського звання. У 1884 р. з власної ініціативи він почав упорядковувати каталоги бібліотеки Київського товариства природознавців, завершив раритетне видання (збереглося донині) першого випуску навчального посібника “Минералогия. Физиография минералов в синоптических таблицах” (1888).

У 1891 р. кафедру мінералогії та геогнозії розділили на дві – мінералогії та петрографії і геології й палеонтології. Першу очолив П. Армашевський, який, однак, працював здебільшого в галузі загальної геології. Фактично керівником мінералого-петрографічного напрямку київської школи став В. Тарасенко, який майже 20 років (1884–1903) працював консерватором мінералогічного кабінету. Поряд з К. Феофілактовим він був піонером у царині мікроскопічних досліджень кристалічних порід Українського щита, які детально вивчав ще і з погляду хімізму. У монографії “О горных породах семейства габбро из Радомысльского и Житомирского уездов Киевской и Волынской губерний” (1895) з винятковою повнотою наведено опис мінералів та результати виконаних автором хімічних аналізів як власне габроїдів, так і найпоширенішого в них мінералу – лабрадору. Василь Тарасенко вперше визначив оптичні константи багатьох породоутворювальних мінералів, особливу увагу приділяв плагіоклазам, зокрема, з'ясуванню їхнього фазового складу та форм наявності в них калію.

Учень В. Тарасенка Петро Чирвинський у 1902 р. написав дипломну роботу на тему “Искусственное получение минералов в XIX столетии”, яку 1906 р. видали окремою книгою, а 1995 р. перевидали в Москві за редакцією акад. В. Жарикова у серії “Классики науки”. У 1911 р. опубліковано магістерську дисертацію П. Чирвинського “Количе-

ственный минералогический и химический состав гранитов и грейзенов”, у якій уперше в світі запропоновано оцінювати середній вміст хімічних елементів у гірських породах не тільки у вагових, а й у атомних відсотках. Стипендіатом кафедри був молодший Чирвинський – Володимир, який 1907 р. опублікував результати досліджень мінералогії фосфоритів Поділля.

Значну роботу з розвитку мінералогічного музею університету проводив Л. Крижанівський, який майже 40 років (1900–1936) викладав і провадив наукову діяльність в університеті й Інституті прикладної мінералогії. Йому належить точна кристалографічна й мінералогічна характеристика волинського топазу. Він керував роботами з вивчення ефузивно-дайкових утворень (волінітів) як сировини для петрургії. До 100-річчя університету Л. Крижанівський видав працю “До історії геолого-мінералогічних дисциплін у Київському університеті Св. Володимира за 100 років” (1935). Його молодший колега по Мінералогічному кабінету П. Гришинський активно досліджував ісландський шпат, опал, халцедон та інші мінерали, розпочав роботу на тему “Структурные формы мусковита и вывод из них возможных плоскостей разлома” (опублікована посмертно 1928 р.), у якій наблизився до принципово нового структурного явища, нині відомого під назвою політипізм.

У 1933 р. у відновленому Київському університеті відкрито геолого-географічний факультет з чотирма кафедрами, серед них були кафедра мінералогії і кристалографії, яку очолив проф. М. Шматько (1933–1941), і петрографії та корисних копалин, яку очолив проф. М. Безбородько (1933–1937), а згодом – доц. Л. Ткачук (1937–1941). Михайло Шматько опублікував перші підручники українською мовою – “Кристалогія” (1927) і “Мінералогія” (1930). Він провадив ґрунтовні роботи з вивчення й освоєння нових видів мінеральної сировини, у тім числі для виробництва каолінів, глинозему й алюмінію для розвитку металургії.

Надзвичайно активними були петрографічні дослідження, результати яких висвітлено в численних наукових статтях і фундаментальних монографічних зведеннях В. Лучицького, М. Безбородька, Л. Ткачука. Зокрема, В. Лучицький протягом 1903–1912 рр. вивчав петрографію докембрійських порід Українського щита. У 1910 р. вийшла його праця “К вопросу о происхождении гранитов юга России”, а 1912 р. – “Рапакиви Киевской губернии и породы, его сопровождающие”, яку він захистив як докторську дисертацію. Він є автором підручника з петрографії (два видання). Микола Безбородько до університету прийшов як учений-петрограф. Очоливши в 1933 р. кафедру петрографії й корисних копалин, він продовжував досліджувати Український щит. За результатами виконаних робіт учений склав першу петрогенетичну карту Українського щита й написав монографію “Петрогенезис та петрогенетична карта кристалічної смуги України” (1935); він є автором першого зведення “Петрографія України” (1934), а також підручника “Визначення мінералів під мікроскопом” (1937). Наукові праці Л. Ткачука були присвячені, головню, вивченню магматичних і метаморфічних комплексів Українського щита; у них містяться оригінальні тлумачення походження багатьох кристалічних порід за результатами аналітично-петрографічних досліджень.

У передвоєнні роки в Київському університеті почали вивчати рідкіснометалеву сировину. Зокрема, 1939 р. П. П’ятницький опублікував зведення щодо цирконію та закономірностей його розподілу в мінералах і породах. Декілька праць, присвячених рідкіснометалевій мінералізації Українського щита і, зокрема, його приазовської частини, належать Ю. Юрку; 1941 р. вийшла його монографія “Гранітні пегматити та їх рідкісні елементи”.

Досить значними були мінералогічні дослідження в **Одеському університеті** (його засновано 1865 р. під назвою Імператорський Новоросійський університет (до 1917 р.), створений на базі Рішельєвського ліцею, нині Одеський національний університет імені І. І. Мечнікова). Університет прийняв у свої стіни все найліпше, що нагромадилось за роки існування ліцею. Відкриття кафедри геогнозії і палеонтології в перші роки після заснування університету було ускладнене через відсутність викладацького складу [12]. На базі ліцейського кабінету природничої історії з мінералогічними, петрографічними й палеонтологічними колекціями створили декілька нових кабінетів, у тім числі мінералогічний. Для викладання мінералогії запросили М. Єрофеева, у минулому консерватора музею Петербурзького університету. Завдяки його зусиллям колекція мінералогічного кабінету поповнилася 658 взірцями мінералів з дублікатів Гірничого інституту Санкт-Петербурга. Викладати геологічні дисципліни М. Єрофеев почав після захисту 1870 р. магістерської дисертації “Кристаллографические и кристаллооптические исследования турмалинов”. У цій праці вперше описано зростання (“скучивание”) багатьох кристалів, які зовнішньо утворюють один кристалогічний індивід. Після захисту дисертації М. Єрофеева було затверджено на посаді доцента, однак в Одесі він пропрацював тільки перше півріччя 1871 р.

Дещо поліпшилось викладання геологічних наук після 1871 р. з приходом в університет М. Головкінського та його учня І. Синцова. Микола Головкінський, професор мінералогії, сприяв завершенню формування мінералогічного кабінету. З 1875 р. геологічними колекціями опікувався Р. Прендель – спочатку позаштатний лаборант (1887), потім приват-доцент (1889). Фактично він був директором мінералогічного кабінету, намагався зробити його подібним до мінералогічного музею Віденського університету, яким керував відомий мінералог Г. Чермак. У 1886 р. офіційне керівництво мінералогічним кабінетом доручили проф. І. Синцову. Він виконав скрупульозну інвентаризацію кабінету, про що зазначив у рапорті на ім'я ректора університету: “Усіх мінеральних видів у так званій основній групі колекції, складеній з колекцій від Кранца, Брокка, Ламмеля Рішельєвського ліцею, Віленської медико-хірургічної академії, Галгачена, Соколова і гірничого інституту, 764; кількість же окремих номерів 3 214, у цю колекцію увійшло ще 440 екземплярів різних мінералів, що були подаровані і придбані покупкою від різних осіб і організацій; студентська колекція становить 253 види в кількості 413 номерів; уральська колекція подарована невідомою в даний час особою, складена з невизначених мінералів, що зберігаються в 246 коробках; особлива колекція від Кранца із зеленими білетиками охоплює 115 видів у кількості 157 номерів; метеоритів 21 номер; колекція псевдоморфоз охоплює 200, а колекція двійників – 20 номерів”. Крім того, у кабінеті тоді було 1 139 дерев'яних, 125 скляних, 76 картонних кристалогічних моделей, 12 скляних моделей діамантів і 18 так само виготовлених взірців ювелірних каменів [12].

Миколі Головкінському протягом 1875/76 навчального року довелося читати лекції замість І. Синцова, якого Новоросійське товариство природодослідників відрядило в Поволжя. Та він не обмежувався тільки читанням лекцій з геології і палеонтології, а вперше в історії вітчизняних університетів організував “далеку” навчальну геологічну практику – на Кримському півострові, яка справила неперевершене враження і одержала схвальні відгуки. Спогади про неї опубліковано 1891 р. у “Записках Кримського горного клубу” (стаття І. Верецького, повний зміст якої наведено в книзі [12]). У спогадах зазначено про особливі враження від сталактитової печери Чатирдагу: у ній стеля всяяна великими й малими бурульками сталактитів кристалічного вапняку, які в багатьох міс-

цях стикаються зі сталагмітовими бурульками, унаслідок чого сформувалися цілі колоні різноманітної й чудернацької форми.

Наприкінці XIX–на початку XX ст. у Новоросійському університеті центральною фігурою в галузі мінералогії й кристалографії був Ромул Прендель. Перші його публікації присвячені, головню, геологічним особливостям Криму, Херсонської губернії, Бессарабії, Поділля, Кавказу. Серія мінералогічних і кристалографічних досліджень Р. Пренделя почалася 1884 р., коли він одержав звання приват-доцента кафедри мінералогії й опублікував перший випуск “Краткого учебника кристаллографии”, присвяченого морфологічній кристалографії. Згодом Р. Прендель визнав свій підручник застарілим, однак нові “Лекции по кристаллологии и кристаллохимии” вийшли в літографічному виданні лише 1896 р. Пробна лекція “Об элементарных явлениях в кристаллах” (1885) містить низку положень, які стали науковою доктриною Р. Пренделя, а теза про необхідність вивчати кристалічну речовину інструментальними методами – головною ідеєю більшості його наступних праць.

У 1887 р. Р. Прендель захистив у Петербурзькому університеті дисертацію на ступінь магістра мінералогії і геології на тему “О вилуите”, опублікував російською та німецькою мовами статті з детальним описом вилуїту, що його відкрив 1792 р. К. Ласкарев у Якутії. У 1888 р. його відрядили на шість місяців у лабораторії Г. Чермака (Відень) і П. Грота (Мюнхен). Результатом поїздки став цикл публікацій “Об изодиоморфной группе сурмянистой и мышьяковистой кислот” (1889–1890). Крім того, він детально вивчав целестин з використанням гоніометричних, кристалооптичних і хімічних методів.

Важливі мінералогічні дані містяться в публікаціях Р. Пренделя петрографічного спрямування. Зокрема, 1882 р. опубліковано працю “Исследование кристаллических пород, развитых в бассейне р. Базавлука и в верховьях Саксагани”, у якій детальний петрографічний опис доповнено характеристикою включень у мінералах, продуктів вторинних змін, аналізом хімічних і фізичних параметрів порід. Протягом 1892–1896 рр. учений написав низку статей за результатами петрографічних досліджень метеоритів *Гросс-Лібенталь* (упав недалеко від Одеси), *Цмень* (недалеко від Пінська Мінської губернії), *Забродье* (с. Забродье Ольшанського повіту Віленської губернії), *Савчинський* (с. Савчинське Тираспільського повіту) та склав “Список метеоритов, хранящихся в Минералогическом кабинете Новороссийского университета”, який містив 45 взірців (1896). Серед них є український метеорит – взірець № 26, *Княгиня* (Закарпаття). Опису найяскравіших подій, пов’язаних з падінням метеоритів, Р. Прендель присвятив статті “Каменный дождь” і “О камнях, падающих с неба”, які опубліковано в літературному додатку до журналу “Нива” (1898–1899). Цікавою є праця Р. Пренделя “Лекции по общему курсу описательной минералогии”, яку вже після смерті вченого опублікували його учні. Вона починається такими словами: “Желая достойным образом почтить память покойного своего учителя Ромула Александровича Пренделя, последние его слушатели решили издать его Лекции по общему курсу описательной минералогии, исполняя этим его последнее желание, не раз им высказанное, увидеть свои лекции напечатанными”.

Особливе місце в розвитку мінералогічних досліджень описуваного періоду належить Михайлу Сидоренку. Після закінчення Новоросійського університету він працював лаборантом мінералогічного музею (з 1890 р.) та доцентом кафедри мінералогії (з 1895 р.). Після захисту дисертації на тему “Описание некоторых минералов и горных пород из гипсовых месторождений Хотинского уезда Бессарабской губернии” Київсь-

кий університет надав йому ступінь магістра мінералогії і геогнозії. У 1896 р. він “успадкував” кафедру мінералогії й продовжив справи, започатковані Р. Пренделем.

Серед власне мінералогічних праць М. Сидоренка найвагомішими є дослідження уругвайського аметисту, які одержали високу оцінку проф. Карла Хінце (С. Hintze) в його книзі “Handbuch der Mineralogie”, мінералогічного складу й походження пилу в січневому снігу Одеси (1893), кристалічної форми градин, що випали 30 травня 1899 р. в Одесі, магнітного колчедану з ґрунівського антрациту і продуктів його метаморфізму (самородне залізо і бурий залізняк), окремих мінералів і гірських порід з гіпсових родовищ Хотинського повіту, двійникових кристалів гіпсу з накипу на трубах опріснення фірми братів Нобель у Баку. Важливі мінералогічні дані наведено в низці петрографічних праць. На особливу увагу заслуговують мінералогічні й літологічні дослідження лиманних відкладів та знайдених у них конкрецій бурого залізняку, а також міркування про природу троїлиту й мельниковіту.

Вагомі мінералогічні дослідження провадили в **Дніпропетровському гірничому інституті** (до 1912 р. Катеринославське гірниче вище училище (КВГУ), організоване 1899 р.). Їхні результати стисло висвітлені в праці Л. Куцевола, Л. Козловського і П. Баранова (див. [8]). Мінералогію в КВГУ викладали з дня його заснування співробітники Мінералогічного кабінету, на базі якого 1906 р. відкрито кафедру кристалографії, мінералогії і петрографії, яку очолив проф. А. Лаврський. Йому належить опис метеорита, який 1905 р. упав поблизу с. Томаківка (нині райцентр Дніпропетровської обл.). Асистентом кафедри став випускник КВГУ (1903) Й. Танатар, якого 1905 р. відрядили до Фрайбурзької гірничої академії для підвищення кваліфікації в галузі мінералогії, петрографії, рудних родовищ та кількісного аналізу за допомогою паяльної трубки. Після цього А. Лаврський і Й. Танатар переклали російською мовою великий розділ “Петрографія” з книги Г. Креднера “Елементи геології” (Dr. Hermann Credner. Elemente der Geologie) і опублікували його як підручник (1905). Через два роки Й. Танатар видав посібник “Таблиці для визначення мінералів за зовнішніми ознаками, за допомогою паяльної трубки і мікроскопа”.

Йосип Танатар детально вивчав кристалічні породи Криворізького залізорудного басейну. Він був піонером суто наукових петрографічних досліджень, завдяки яким уточнено мінеральний склад порід, їхню номенклатуру й генетичні взаємовідношення. У 1914 р., після захисту в Московському університеті дисертації на звання магістра у мінералогії й геології (1913), Й. Танатар став завідувачем кафедри прикладної геології та засновником відомої у світі рудної школи.

Власне мінералогічні дослідження в КВГУ почали активно провадити з 1908 р., коли кафедру мінералогії очолив учень В. Вернадського проф. Л. Іванов. Його наукові інтереси з вивчення мінералів охоплювали п’ять географічних регіонів: Волинь, Катеринославщину (Дніпропетровщину), Донбас, Кавказ і Нову Землю. Провідне місце у його великій науковій спадщині посідають праці з мінералогії України. Зокрема, на Волині він досліджував топаз, гізінгерит, гетит, графіт, альбіт, мікроклін, ортоклаз, цинвальдит, ортит, каолінит та інші мінерали, склав список волинських мінералів та відповідної наукової літератури. Особливо цікавими й важливими є роботи про родовища топазу, до яких він звертався неодноразово. Низка праць присвячена мінералогії геологічних утворень колишньої Катеринославської губернії і околиць Дніпропетровська. Привертають увагу праці про рудні родовища Нагольного кряжа, соляні відклади, барит та ін. Наприкінці життєвого шляху учений здав до друку монографію “Минералогия юго-восточной Украины”.

Протягом 1910–1917 рр. разом з Л. Івановим С. Гембицький, Й. Танатар та інші співробітники кафедри займалися питаннями мінералогії й генезису свинцевих руд Садонського родовища на Кавказі, рудопроявів міді Нової Землі й України, залізних руд Криворіжжя. За даними Л. Іванова, на той час у надрах України було виявлено 183 мінеральні види; учений зробив першу спробу мінералогічного районування території країни. Популярними були навчальні видання Л. Іванова: “Определитель минералов по внешним признакам” (1926); “Краткие обзорные таблицы минералов” (1926); “Короткий курс минералогии” (1932).

Мінералогічні дослідження в описуваний період провадили викладачі не тільки кафедри мінералогії, а й інших кафедр геологорозвідувального відділення, відкритого в КВГУ (1918). Характерною особливістю багатьох науково-дослідних робіт було вивчення мінералів та їхнього генезису лише в рамках пізнання речовинного складу і походження мінеральних родовищ. Саме тоді стали широковідомі праці з петрогенезису й рудоутворення Криворізького залізрудного басейну, авторами яких були співробітники кафедри геології і розвідки родовищ корисних копалин, передусім, її засновник І. Танатар та його учні – М. Семененко, Я. Белевцев, П. Каніболоцький. Протягом 1929–1937 рр. вивчали речовинний склад залізистих кварцитів, які тоді ще не використовували в металургії. Цими роботами закладено підґрунтя спеціалізованих досліджень, унаслідок яких згодом запроєктовано численні збагачувальні комбінати Криворіжжя.

Заснування й подальша діяльність НДІ у Дніпропетровському університеті тісно пов’язані з фахівцями відкритої 1922 р. науково-дослідної кафедри геології Управління науковими установами Наркома освіти. Розпочато системні геологічні дослідження у Середньому Придніпров’ї, на сході та півдні України [16]. У 1930 р. кафедру перетворено на Дніпропетровський філіал Українського науково-дослідного геологічного інституту Наркомпросу УРСР, який у 1931 р. був підпорядкований АН УРСР. У 1933 р. цей філіал одночасно з відкриттям геологічного факультету у Дніпропетровському університеті було реорганізовано в НДІ геології в ДНУ. Співробітники науково-дослідної кафедри геології під керівництвом М. Лебедева започаткували наукові видання геологічного спрямування: “Наукові записки Єкатеринославської науково-дослідної катедри геології” (1926) та “Наукові записки Дніпропетровської науково-дослідної катедри геології” (1927). У них містяться публікації Л. Іванова про барит Донської області та мінералогію і петрографію Аліберівського графітового родовища; Й. Танатара про нові породи й нові дані з петрографії Криворізького залізрудного родовища; А. Алексеєва про петрографічні дослідження деяких порід Маріупольського округу; Г. Фельдмана про матеріали з петрографії Криворізького залізрудного району.

У 1936 р. в університеті організовано самостійну кафедру петрографії під керівництвом випускника КВГУ, молодого професора (згодом академіка АН України) М. Семененка (1936–1941). У 1928–1929 рр. він очолював геологічну партію УГК, яка досліджувала кристалічні породи Середнього Придніпров’я в районі будівництва Дніпропетровської ГЕС. Під час цих робіт було відкрито родовища рудоносних слюдяних метасоматитів, а також низку рудопроявів (див. статтю “Корисні копалини району Дніпрельстану” 1933, 1934). У 1931 р. Микола Семененко керував геохімічною експедицією Ради з вивчення продуктивних сил АН СРСР, яка провадила геохімічні й петрографічні дослідження на хребті Хамар-Дабан (Південне Прибайкалля). У 1937 р. за цими матеріалами він захистив докторську дисертацію, а в 1941 р. опублікував монографію “Петрографические исследования хребта Хамар-Дабан” [7].

З 1930-х років на кафедрах геологорозвідувального факультету інституту на перший план вийшла проблема мінералогії екзогенних утворень, які в той час стали важливими для господарства [9]. Детальні дослідження кори звітрювання на породах Українського щита дали змогу науковцям уперше в Україні відкрити й вивчити родовища нікелю. Спільними зусиллями кафедр та інших організацій з 1933 р. почали досліджувати манганові руди Нікопольського родовища. Відкриття й дослідження карбонатних руд у цьому районі стало важливим досягненням, це різко змінило перспективи родовища й зумовило перегляд теорії генезису осадових руд мангану.

У розвитку мінералогічних досліджень описуваного періоду значну роль відігравали й інші навчальні заклади, установи, товариства, окремі вчені. Практично важливі дослідження з експериментальної мінералогії провадили в харківському **Хіміко-технологічному інституті** (П. Будников (автор монографії “Типс и его исследования” (1933), Д. Бобровник та ін.) та в **Інституті вогнетривів** (Б. Пінес, К. Шандиба та ін.), де організували петрографічну лабораторію, у якій технологи за допомогою методів оптичної мікроскопії оцінювали мінеральну сировину й перебіг її переробки для отримання заданих матеріалів. У Дніпропетровську експериментальні дослідження були спрямовані на визначення приблизної температури плавлення деяких водних силікатів, а також вивчення термічної дисоціації вапняків, доломіту й магнезиту (А. Пінес, І. Бродська, С. Потапенко).

У **Львівській політехніці** (1921–1939, до 1921 р. – Царсько-королівська політехнічна школа у Львові, 1939–1942 – Львівський політехнічний інститут), найдавнішому технічному навчальному закладі Східної Європи й України, мінералогічні дослідження пов’язані з такими вченими, як Ю. Медведський (у 1873 р. заснував знаменитий геолого-мінералогічний музей), Ю. Токарський, К. Смуліковський, а також М. Камінський, який 1934 р. здобув ступінь надзвичайного професора і був призначений керівником кафедри мінералогії й петрографії та керамічної експериментальної станції. Протягом 1939–1941 і 1944–1945 рр. М. Камінський був професором ЛПІ, де спочатку у хімічному відділі, а пізніше – у нафтовому виконував обов’язки декана. Науковий доробок ученого пов’язаний з різними проблемами – геологічними, петрографічними, мінералогічними та сировинними. Мінералого-петрографічні праці стосуються дослідження базальтів, андезитів, бентонітів, вогнетривких глин і висококременистих пісковиків Волині й Карпат. Він був учасником геологічних експедицій у Чивчинські гори Бескидських Карпат, співавтором уже згадуваної монографії “Pasma gór Czuwczujskich”.

Разом із З. Паздро М. Камінський 1980 р. опублікував працю [19], у якій наведено важливі дані про мінералого-петрографічні дослідження, які провадили на філософському і природничо-математичному факультетах Львівського університету до 1939 р., цікаві відомості стосовно викладання кристалографічних, мінералогічних і петрографічних дисциплін та особливостей навчання й підготовки фахівців. З 1928 р. запровадили систему магістерської підготовки, у тім числі мінералогів і петрографів, яка була методично досить вдалою й загалом подібна до сучасної [10].

У **Київському політехнічному інституті** (КПІ) успішно працювали такі відомі геологи й мінералози, як О. Нечаєв і В. Чирвинський. З 1899 р. О. Нечаєв був на посаді ординарного професора кафедри мінералогії та геології щойно заснованого (1898) КПІ; згодом очолив цю кафедру, збагатив колекціями й устаткуванням Геолого-мінералогічний кабінет, склав і опублікував одноосібно й зі співавторами навчальні посібники з кристалографії, мінералогії і геології, а В. Чирвинський 1916 р. став професором КПІ й до кінця життя завідував кафедрою мінералогії та геології. Це один із першовідкривачів

Дніпровського буровугільного басейну, засновник вивчення петрографії осадових порід України, одна з ключових фігур Українського геологічного комітету. Він розпочав наукову діяльність з уже згаданої дипломної роботи “Химическое и микроскопическое исследование подольских фосфоритов” (1907), у порожнинах фосфоритів відкрив нові мінерали – подоліт і курськіт. Його наукову спадщину можна розділити на дві частини: геолого-петрографічну з елементами мінералогії та власне мінералогічну, присвячену дослідженню фосфоритів, графіту й гіпсу.

Достатньо цікаві мінералогічні дослідження в описуваний період провадили в **Таврійському університеті**, заснованому 1918 р. У 1919 р. у ньому відкрито мінералогічний кабінет, який спочатку очолив приват-доцент П. Двойченко (автор першої монографії з мінералогії краю – “Минералы Крыма” (1914)), пізніше – В. Вернадський, а після обрання його ректором (1920) – С. Попов. Такі вчені, як В. Вернадський, Н. Курнаков, Ф. Чухров, В. Лучицький, М. Шкабара, Ф. Абрамов, П. Мурзаєв та багато інших, зробили суттєвий внесок у вивчення мінералогії Криму, відкрили багато мінералів або поглибили знання про них: фосфати Керченського родовища, сульфід й сульфати, боронатрокальцит, доломіт, целестин, цеоліти, фосфорити, мітридатит та ін. Вінцем мінералогії передвоєнного Криму є фундаментальна книга С. Попова “Минералогия Крыма” (1938), у якій узагальнено практично всі наявні на той час матеріали про мінералогію півострова (описано близько 130 мінеральних видів і різновидів).

Окремі мінералогічні дослідження протягом описуваного періоду провадили у **Дніпропетровському університеті** (нині Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара), заснованому 1918 р. Тоді ж було створено кафедру мінералогії, яку очолив проф. Л. Іванов. У 1933 р. відкрито геологічний факультет (з 1937 р. – геолого-географічний) та Науково-дослідний інститут геології, у якому досліджували мінеральний склад карбонатних манганових руд за матеріалами розшуково-розвідувальних і експлуатаційних робіт у Нікопольському басейні [6]. Деякі мінералогічні відомості містяться в наукових виданнях інституту того часу за редакцією Й. Танатара [16]: “Наукові записки Дніпропетровської філії Інституту геологічних наук (вугілля і руда)” (1932); “Научные записки Днепропетровского государственного университета” (збірник работ геологического факультета и НИИ геологии; 1940. Т. 17, вып. 1; 1941, вып. 2).

У **Криворізькому гірничорудному інституті** (КГРІ), відкритому 1922 р. на базі Криворізького вечірнього гірничого технікуму, працював Е. Фукс – провідний інженер-геолог, керівник основних геологорозвідувальних робіт на підприємствах Кривбасу [7]. У 1930 р. він очолив засновану в інституті кафедру геології, проте 1931 р. його арештували, і протягом 1931–1935 рр. кафедру очолював С. Родіонов, згодом член-кореспондент АН УРСР. Залізні руди Криворіжжя детально вивчав М. Світальський у тісній співпраці з Е. Фуксом. У 1932 р. побачила світ монографія “Железорудные месторождения Кривого Рога”, серед авторів якої (М. Світальський, Ю. Половинкіна, Ю. Дуб’яга та ін.) прізвища Е. Фукса, зрозуміло, не було. М. Світальський досліджував також егірин і сидерит залізних руд.

Цікавою і важливою є мінералогічна інформація, яку опублікували професори **Санкт-Петербурзького університету** В. Докучаєв і П. Зем’ятченський. Зокрема, В. Докучаєв навіть характеристику чорноземів Полтавської губернії. Свою теорію генетичного ґрунтознавства він обґрунтував у монографії “Российский чернозем” (1883), у якій вагоме місце посідають динамічні мінералогічні процеси звітрювання материнських порід, трансформації мінералів, розпаду одних мінералів та утворення інших. Петро Зем’ятченський опублікував праці “Каолиновые образования Южной России” (1896),

“Геологический очерк Часовъярского месторождения огнеупорных глин” (1929); у монографічному описі цього родовища (співавтори В. Іскюль і К. Келлер) наведено механічні й інші властивості вогнетривких глин, зазначено про їхню тонкодисперсність і що їхні керамічні властивості залежать від вмісту в них кварцу.

Важливу роль у розвитку наукової діяльності в Україні, у тім числі в галузі мінералогії, відігравали **наукові товариства дослідників природи**, які функціонували, передусім, при університетах – Київському (з 1870, видавало “Записки...”), Харківському (1869, “Труды...”) та Одеського (1870, “Записки...”). У Львові діяло Польське товариство природознавців імені Коперника (1875, видавало журнал “Cosmos”) і Львівське відділення Польського геологічного товариства. Крім того, відомі товариства кримських природодослідників і любителів природи (створене в першій половині XIX ст.), товариство дослідників Волині (1902, видавало “Труды...”) та ін.

З погляду мінералогії найпродуктивнішою була діяльність Київського товариства природознавців, яке сприяло інтенсивному розширенню звідусіль зібраних мінералогічних колекцій, що наповнювали Мінералогічний кабінет Київського університету; створенню кам'яного музейного фонду; придбанню геолого-мінералогічної літератури; започаткуванню мінералого-петрографічного наукового напрямку Київської школи геологів, який очолив В. Тарасенко.

Польське геологічне товариство природознавців імені Коперника певний час очолювали відомі мінералоги й петрографи Ф. Крейтц – перший голова, Ю. Медведський – довголітній голова, активний член редколегії журналу “Cosmos”, Ю. Токарський – генеральний секретар і голова, М. Камінський – генеральний секретар. У журналі друкували праці геолого-мінералогічного спрямування.

Серед громадських організацій описуваного періоду важливе значення мала діяльність “Крымского горного клуба” і “Крымского общества естествоиспытателей и любителей природы”. У “Записках...” товариства опублікована вже згадувана праця П. Двойченка та стаття В. Вернадського “О задачах геохимических исследований Азовского моря и его бассейна” (1925).

Привертають увагу **мінералогічні дослідження окремих регіонів**, передусім Приазов'я, Криворіжжя, Волині, Поділля, Донбасу, Карпат, Криму. Зокрема, І. Морозевич описав у *Приазов'ї* новий різновид нефелінових сієнітів – маріуполіти, виявив у породах Октябрського масиву пірохлор, відкрив бекеліт, тараміт і F-тараміт, розширив географію й опис мінералів нефелінових сієнітів, розвивав генетичну мінералогію лужних порід. Дві монографії опублікувала Л. Айнберг: “Роговые обманки Мариупольского щелочного массива” (1930) і “Приазовский щелочной массив” (1933). Петрографічне узагальнення по Приазов'ю запропонував А. Гінзберг, який, до того ж, уперше в сієнітах визначив гастингсит.

Особливе місце в дослідженнях мінералогії *Криворіжжя* посідають Е. Фукс і Ю. Гершойг. Їхній внесок у вивчення Кривбасу в довоєнний час детально проаналізував Б. Пирогов [8]. На думку Ю. Гершойга, усі запаси руд “заховані” в гематиті (різко переважає), магнетиті й бурому залізняку. З 1928 р. він систематично публікував дані з мінералогії регіону. Вони стосувалися жильних каолінових порід (1928), алуніту (1930), мінералогії та текстурно-структурних ознак залізистих роговиків (1930) і багатих руд (1932), піротину (1934), оолітової структури магнетиту (1936), галуазиту і його парагенезису (1938), гідротермальних жил Кривбасу (1940). Йому належить мінералогічний опис 20 різновидів багатих залізних руд і аналіз мінерального складу різних типів руд окремих родовищ. Дослідник визначив у них 38 мінералів і зазначив, що гематит і його

різновиди становлять у рудах 94,2 %, магнетит – 3,4, бурий залізняк – 2,4 %. Юлія Поповинкіна, яка вивчала амфіболи Криворіжжя, визначила в залізо-амфіболовому сланці з магнетитом з Тернівського рудника терновськит, який за хімічним складом займає місце між крокідолітом і глаукофаном.

Важлива сторінка у вивченні мінералогії *Поділля* пов'язана з А. Красовським, який 1916 р. уперше описав Хоцеватське залізо-манганове родовище, а 1921 р. відкрив і схарактеризував графітові родовища Побужжя. У праці І. Дубини “Графитовые месторождения Украинской ССР” (1939) наведено мінералогічну характеристику близько 120 родовищ і рудопроявів графіту Українського щита. Низка праць з мінералогії Поділля належить Р. Виржиківському, зокрема, геологічний нарис фосфоритових (1926, 1930) і целестинових родовищ (1925), проявів кремнію і кременевої гальки (1927).

У *Волинському регіоні* важливими були роботи, що їх провадив протягом 1864–1874 рр. Г. Осовський – першовідкривач тут кристалів гірського кришталю, моріону, топазу й берилу. У 1873 р. А. Карпінський визначив у базальтах самородне залізо; І. Пфаффіус 1886 р. у публікації про так званий анамезит волинський навів дані про хімічний склад авгіту, плагіоклазу і скла (ці дані були унікальні для того часу); систематично і глибоко вивчав з 1886 р. волинський лабрадор В. Тарасенко; Л. Іванов, якого уважають піонером мінералогічного вивчення пегматитів в Україні, описав низку мінералів з камерних пегматитів (1910–1915); В. Лучицький виявив у гранітах рапаківі києвіт (1912); С. Малковський 1927 р. відкрив самородну мідь у базальтах з околиці Мидська, а також навів нові дані про неї та супровідні мінерали (1927–1939); І. Літмановичівна досить детально схарактеризувала мікроклін із гранітів (1931, 1932); у 1935 р. С. Тугут опублікував відомості про мінерал яніт (нині назву не затверджено). Значну увагу приділяли топазу, перша, друга і третя знахідки якого належать С. Бельському, а досить детальні дослідження – Л. Іванову, також мінерал вивчали Б. Гаврусевич і Є. Бурянова.

Цікаві і практично важливі мінералогічні дослідження провадили на території *Донецького басейну*. У 1879 р. А. Міненков відкрив Микитівське ртутне родовище (кіновар), у 1899 р. А. Глебов розпочав розвідку кварцово-рудних жил Нагольного кряжа. Микитівське родовище науково вивчав П. Єремєєв (1881); крім кіноварі, у рудах виявили і схарактеризували антимоніт і гетит (А. Міненков, 1881, 1884), пірит (А. Шепель, 1913), каломель (А. Купфер, Є. Федоров, 1907), каолінит (Л. Лутугін, 1897). Мінералогічна інформація стала важливою складовою монографічних праць “Мінералого-петрографический очерк Никитовского ртутно-сурмяного месторождения” (Абрамова, Данилов, Крутов, 1932), “Структура рудного поля, минералогический состав и генезис Никитовского месторождения в Донецком бассейне” (Захаров, Королев, 1940). Яків Самойлов 1906 р. опублікував монографію “Жильные месторождения Нагольного кряжа”, у якій схарактеризовано 36 мінералів рудних кварцових жил. У 1930-х роках з'явилися публікації Є. Лазаренка про мінералогію зони окиснення (1936) та свинцево-цинкових руд (1941) Нагольно-Тарасівського родовища та про донбасити – нову групу мінералів у Донецькому басейні (1938).

Для *Карпатського регіону* важливе значення мало видання довідника В. Зефаровича “Мінерали Австро-Угорщини” (1859, 1873), у якому наведено відомості про мінерали Закарпаття – гематит, лімоніт, алуніт, кварц, фосфорити, апатит, вівіаніт, галіт, барит, тридиміт, пірит, унгарит, каолінит, гранат, опал, агальматоліт. Незалежно один від одного Й. Румф і В. Зефарович (1872) відкрили в Передкарпатті сингеніт (калушит); Р. Гергей склав кадастр солеутворювальних мінералів Стебника й Калуша (1910);

Ф. Лотце висловив деякі міркування щодо утворення соляних родовищ Передкарпаття (1938). Узагальнювальною працею з геології і мінералогії краю стала колективна монографія “Геология и полезные ископаемые западных областей Украины” (1940).

В описуваний час провадили достатньо систематичні мінералогічні дослідження *Кримського півострова*. Крім уже згаданих, на початку ХХ ст. з’явилися перші праці з мінералогії окремих регіонів і геологічних об’єктів: “Минералы Аюдага” (1907) і “Минералы окрестностей Ялты” (1914) С. Попова, “К минералогии Симферопольского уезда” (1907) О. Ферсмана та ін. Наприкінці описуваного періоду в Криму було відомо близько 160 мінеральних видів та різновидів.

Особливу роль у розвитку мінералогії в Україні відіграло заснування 1918 р. двох доленосних інституцій: **Українського геологічного комітету** (УГК) та **Української академії наук** (УАН), які працювали у тісному взаємозв’язку. Першого лютого 1918 р. уряд України затвердив статут і штат УГК та офіційно започаткував історію Геологічної служби України. Її діяльність висвітлено в інформаційно-довідниковому виданні “Геологічній службі – 100 років” (2018). Комітет очолювали видатні вчені: В. Лучицький (засновник і перший голова, 1918–1924), Б. Личков (1924–1926), В. Різниченко (1927–1928).

Внеску УГК у розвиток мінералогії присвячена публікація О. Матковського та В. Павлишина “Роль геологічної служби України в розвитку мінералогічних досліджень (до 100-річчя заснування Українського геологічного комітету)” (2018). У ній зазначено, що геологічна служба України відіграє провідну роль у розвитку не тільки геологічних, а й мінералогічних досліджень, адже їхнім першоджерелом слугують, насамперед, матеріали, які вилучають із земних надр під час геолого-знімальних, розшукових, розвідувальних і експлуатаційних робіт. Виконання цих робіт супроводжується мінералогічними, геохімічними й петрографічними дослідженнями, які висвітлюють у звітах, що їх зберігають у фондах геологічної служби.

Протягом описуваного періоду провадили скромні мінералогічні дослідження. Зазвичай, вони були пов’язані з петрографічними роботами та вивченням родовищ корисних копалин. Результати їх висвітлено, головню, у заснованому 1919 р. Комітетом виданні “Вісник Українського геологічного комітету”. Крім того, у 1923–1924 рр. опубліковано збірку про корисні копалини, яка містила такі розділи: 1) Б. Личков. Вугілля України; 2) В. Чирвинський. Графіти України; 3) А. Зеленко. Каолінові родовища Подолі; 4) С. Коклик. Залізна руда Волині; 5) М. Черногорова. Нікопольське родовище марганцю; 6) М. Ожегова. Ртуть України.

Протягом перших десятиліть діяльності УГК досить значним був внесок у розвиток мінералогії засновників і активних діячів УГК – В. Лучицького, М. Безбородька, В. Чирвинського, Р. Виржиківського (див. вище), а також І. Гінзбурга, мінералогічні праці якого присвячені каолініту й генезису глин України (1926), кварцовим скляним піскам (1928), плавиковому шпату (1928), нікель-кобальтовим вадам (1936). Ілля Гінзбург започаткував учення про мінералогію кір звірювання гранітоїдів, головню увагу він приділяв каолініту. Розпочали досить планомірні мінералогічні дослідження під керівництвом М. Свигальського у Криворізькому залізрудному басейні та під керівництвом С. Захарова у Донбасі за участю геологів Микитівського ртутного комбінату.

Створення і діяльність УГК підтримував акад. В. Вернадський, який очолив комісію для напрацювання законопроектів про заснування УАН і з діяльності наукових закладів та вищої школи. На перших установчих зборах УАН 27 листопада 1918 р. його обрано головою-президентом. Він запропонував внести у статут Академії перелік необхідних

наукових установ, у тім числі Геологічний комітет, Мінералогічний музей з лабораторією, Геологічний і Палеонтологічний музей. У “Записці про організацію музею та Інституту мінералогії при УАН”, яку склав В. Вернадський, висловлено важливі, новаторські для України ідеї. Він уважав, що Мінералогічний музей повинен складатися з двох тісно пов’язаних установ – власне Музею та Мінералогічного інституту, проте їхні функції різні. Одним із найвагоміших завдань Музею повинно бути вивчення мінералів України з метою видання монографічного зведення з мінералогії країни. У Мінералогічному інституті В. Вернадський запропонував створити сім відділів: хімічного аналізу та синтезу; для розділення мінералів різними методами (електричним, магнітним, капілярним); для мікроскопічної роботи; кристалографічний і кристалофізичний; спектроскопічний; радіоактивний; термічний. Ученому належить також ідея створення в УАН кафедри прикладної геології і мінералогії, основним завданням якої повинно стати розроблення питань щодо практичного використання корисних копалин.

У Києві В. Вернадський займався також проблемами геохімії, біогеохімії та біосфери. Він завершив оригінальний курс лекцій з геохімії, який читав у Київському (1918) і Таврійському (1920) університетах, а згодом – в університетах Петрограда, Праги і Парижа (1922–1924). Саме в Парижі 1924 р. цей курс лекцій уперше опублікували французькою мовою. У вересні 1924 р. Володимир Іванович надіслав книгу “Геохімія” до УАН з листом, написаним українською мовою, у якому писав: “Досилаю до Академії свою нову книжку ”La Geochimie”. Ця праця зв’язана з Академією, бо я почав її організовувати у Києві і мріяв, що закінчу її в Українській Академії. Трапилося інакше” [15]. Працювати над проблемами біогеохімії В. Вернадський почав ще в Полтаві 1916 р., у Києві він відкрив першу в світі біогеохімічну лабораторію. Результати досліджень засвідчили, що живі організми відіграють надзвичайно важливу роль у геологічних процесах.

Непересічне значення у розвитку мінералогії України мало заснування Інституту геологічних наук (1926) і Національного геологічного музею (1927), які очолив П. Тутковський, а також першого періодичного видання “Геологічний журнал”, у якому друкували праці з мінералогії й петрографії. З’явилася низка монографій М. Безбородька, В. Луцицького, М. Свитальського та інших учених з петрографії і корисних копалин України (див. вище).

Протягом описуваного періоду в Україні відкрили низку нових мінералів (табл. 1) та зафіксували декілька перших знахідок мінералів (табл. 2).

Таблиця 1

Нові мінерали (у тім числі згодом дискредитовані чи незатверджені), які було відкрито на теренах України протягом університетського періоду становлення й розвитку мінералогії (XIX ст.–1940-ві роки)

Мінерал	Місце виявлення	Автор та рік відкриття	Сучасна інтерпретація
Кефекіліт (кіл)	Верхньокрейдіві, третинні відклади Криму	Уперше згаданий 1758 р. (за О. Ферсманом)	Відповідає монтморилоніту (бентоніту)
Волнін	Гідротермально змінені породи Берегівського горбогір’я	I. Ionas (1820); F. Veudant визначив належність волніну до бариту (1822)	Морфологічний різновид бариту
Унгварит (хлоропал)	Вторинні кварцити Закарпаття	D. Bernhardt, D. Brandes (1822)	Суміш нонтроніту й опалу

Продовження табл. 1

Мінерал	Місце виявлення	Автор та рік відкриття	Сучасна інтерпретація
Пеліканіт	Змінені граніти Волино-Поділля	Г. Яковицький (1831); В. Блюбель (1871)	Суміш опалу з мінералами групи каолініту
Ауербахіт	Маріуполіти Октябрського масиву	І. Іваницький (1833); ідентифікував Р. Герман (1858); М. Кокшаров визначив його близькість до циркону (1861); П. Єремєєв зачислив до циркону (1897)	Морфологічний різновид циркону
Сингеніт (калушит)	Соленосні відклади району Калуша	J. Rumph (1872); V. Zepharowicz (1872?)	Мінеральний вид $K_2Ca[SO_4]_2H_2O$. Синоніми
Гідротроїліт	Мул Куяльницького лиману	М. Сидоренко (1897)	Мінеральний вид $FeS \cdot nH_2O$
Бекеліт	Маріуполіти Октябрського масиву	І. Морозевич (1905)	Відповідає бритоліту
Паравівіаніт	Керченське залізорудне родовище	С. Попов (1906)	Різновид вівіаніту – Mn-Mg-вівіаніт
Антраконіт	Околиці Судака, жили у вивержених породах гори Хир та в інших місцях Криму	О. Ферсман (1907)	Темно-бурий, чорний кальцит із включеннями органічної речовини
Гамма-керченіт	Керченське залізорудне родовище	Ф. Чухров (1935)	Тонкодисперсний продукт перетворення вівіаніту; вивчений недостатньо
Бета-керченіт		С. Попов (1910)	
Альфа-керченіт			
Оксикерченіт			
Босфорит	Серед бурих залізняків і залістистих глин Керченського півострова	С. Попов (1910); П. Двойченко (1914)	Колоїдно-дисперсний фосфат Fe^{3+} – продукт перетворення вівіаніту; вивчений недостатньо, можливо, відповідає оксикерченіту
Митридатит	Комиш-Бурунське залізорудне родовище		Вивчений недостатньо
Києвіт	Рапаківіподібні граніти Коростенського плутону	В. Лучицький (1912)	Відповідає грюнериту
Подоліт	Фосфоритовмісні відклади Поділля	В. Чирвінський (1913)	Відповідає карбонат-апатиту
Алуштит	Січні кварцові жили в таврійських сланцях, околиці Алушти	О. Ферсман (1914)	1) суміш дикіту й тосудиту; 2) новий мінеральний вид

Закінчення табл. 1

Мінерал	Місце виявлення	Автор та рік відкриття	Сучасна інтерпретація
Тараміт	Лужні породи Приазов'я	І. Морозевич (1923)	Мінеральний вид $\text{NaCaNa}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_3 \cdot$ $(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})_2[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}] \cdot$ $(\text{OH})_2$
Терновскіт	Криворіжжя	Ю. Половинкіна (1924)	Недостатньо вивчений; у довіднику "Мінерали" (1981) – синонім рибекіту
Сакііт	Сацьке озеро, Крим	В. Ніколаєв (1927)	Відповідає гексагідриту; використовують як синоніми
Яніт	Базальти Західної Волині	С. Тугут (1933)	Механічна суміш птілоліту і тонкодис- персного гематиту
Сколіт	Прожилки в піскови- ках Передкарпаття	К. Смуліковський (1936)	Можливо, змішаноша- руваті утворення зі складним перешару- ванням глауконітових (?) і монтморилоніто- вих шарів (Феношина, 1961)
Монотерміт (часоврит)	Часів'ярське родови- ще, Донбас	Д. Белянкін, В. Іванова (1936); С. Потапенко (1940)	Тонка суміш гідро- слюди й каолініту
Комишбуруніт	Комиш-Бурунське залізорудне родовище	М. Кантор (1938)	Вивчений недостатньо
Донбасит	Гідротермальні жили Донецького басейну	Є. Лазаренко (1940)	Мінеральний вид $\text{Al}_4(\text{OH})_8[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}]$; нині уточнюють; ре- комендують надати цьому терміну групове значення
Приазовіт	Пегматити Західного Приазов'я	Ю. Юрк (1941)	Недостатньо вивчений; пропонують трактува- ти як продукт зміни самарськіту

З наведених таблиць випливає, що до перших знахідок належить шість мінералів, а до нових мінералів – 27. Серед нових, згідно з пізнішою інтерпретацією, декілька є сумішами (унгварит, пеліканіт, алуштит (можливо, новий мінеральний вид), яніт, монотерміт), два – це морфологічні різновиди (волнін, аурбахіт), два – синоніми (калушит=сингеніт, сакііт=гексагідрит), сім – недостатньо вивчені (γ -керченіт, α -керченіт, оксикерченіт, митридатит, терновскіт, комишбуруніт, приазовіт).

У 1948 р. Є. Лазаренко в уже згадуваній статті [11] підвів підсумки розвитку мінералогії в Україні за три довоєнні десятиліття і перше п'ятиліття післявоєнного часу. До 1917 р. перелік праць, які так чи інакше стосуються мінералогії країни, не перевищував 60 найменувань, проте серед них були й монографії, які не втратили свого значення.

Таблиця 2

Перші знахідки мінералів на теренах України протягом університетського періоду становлення й розвитку мінералогії (XIX ст.–1940-ві роки)

Мінерал	Місце знахідки	Автор та рік знахідки	Рік відкриття мінералу	Примітка
Алуніт	Закарпаття, гідротермально змінені вулканічні породи в районі м. Берегове	Відомий з 1796 р. (С. Hintze, 1890)	Під назвою “алюмініліт” відомий з XV ст.	Назву <i>алуніт</i> запропонував Л. Кордье (1820)
Датоліт	Вулканічні утворення Карадагу	С. Попов, 1898	1806	
Тридиміт	Закарпаття, ефузивні породи Берегівщини	В. Зефарович, 1873	1868	
Уельсит (уелсит)	Околиці Сімферополя	О. Ферсман, 1905	1897	
Гастингсит	Приазов'я, сієніти Октябрського масиву	А. Гінзбург, 1916	1896	
Гексагідрит (сакіт)	Сацьке озеро в Криму	В. Ніколаєв, 1927	1911	

Серед них праці Я. Самойлова з мінералогії Нагольного кряжа (1906), Л. Іванова з мінералогії Волині (1910–1915), В. Чирвинського про фосфорити України та Південної Росії (1904–1911), П. Зем'ятченського стосовно каолінових утворень Південної Росії (1891). Вражає наведений у статті Є. Лазаренка список літератури з понад 400 найменувань.

Розвиток мінералогічної науки в Україні за 30 років учений схарактеризував за розділами тогочасної мінералогії: описова, теоретична, експериментальна та прикладна. Найбільші досягнення пов'язані з описовою мінералогією; саме ними започатковано регіонально-мінералогічний напрям у мінералогії. За даними Л. Іванова, наприкінці зазначеного періоду в Україні було виявлено близько 180 мінералів, серед яких породо-, рудоутворювальні, акцесорні мінерали, коштовне каміння. Дуже скромними були дослідження з теоретичної мінералогії. Зокрема, згадано про працю П. Грищинського стосовно можливих площин розлому мусковіту, пов'язаних з його структурою, та М. Каніболоцького щодо причин рудовідкладання в гідротермальних родовищах. Незначними також є дані з експериментальної мінералогії (роботи дослідників Харкова і Дніпропетровська) та з прикладної мінералогії (стосувалися дослідження родовищ графіту, глини, каолінів, польових шпатів і слюди).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Білоніжка П. Павло Тутковський – видатний український вчений, організатор науки, педагог (до 150-річчя від народження) / П. Білоніжка, О. Матковський // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геол. – 2008. – Вип. 22. – С. 169–173.
2. Білоніжка П. Перші підручники з мінералогії, видані українською мовою у другій половині XIX ст. / П. Білоніжка, О. Матковський, В. Павлишин // Мінерал. зб. – 2004. – № 54, вип. 1. – С. 172–181.

3. Білоніжка П. М. Роль Івана Верхратського в розробці української мінералого-кристалографічної термінології / П. М. Білоніжка, О. І. Матковський // Нац. наук. конф., присвячена 150-річчю від дня народження видатного українського вченого-природодослідника Івана Верхратського : матеріали. – Тернопіль, 1996. – С. 23–24.
4. Ворошилов Ю. Іван Пулюй – велетень української наукової та громадської думки (до 170-річчя від народження) / Ю. Ворошилов, В. Павлишин // Мінерал. зб. – 2015. – № 65, вип. 1. – С. 160–175.
5. Геологія в Київському університеті / С. А. Вижва, П. І. Гришук, О. В. Зінченко та ін. – К. : ВПЦ “Київський університет”, 2011. – 479 с.
6. Грязнов В. И. Минералогическое изучение Никопольской марганцеворудной формации / В. И. Грязнов // Минерал. сб. – 1983. – № 37, вып. 2. – С. 10–16.
7. Есина Н. А. Фукс Эдуард Карлович (1872–1938), Свитальский Михаил Игнатьевич (1884–1937) / Н. А. Есина. – Кривой Рог, 2014. – 65 с.
8. История минералогических исследований на Украине : сб. науч. тр. / отв. ред. Ю. П. Мельник. – Киев : Наук. думка, 1991. – 160 с.
9. Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення Академії наук України / укл. М. П. Щербак, К. Ю. Єсипчук, Е. Я. Жовинський, С. М. Цимбал. – К., 1994. – 112 с.
10. Кафедра мінералогії Львівського національного університету імені Івана Франка (1864–2004) : довідково-інформ. видання / О. Матковський, П. Білоніжка, Л. Скакун, Є. Сливко. – Львів : Видав. центр Львів. нац. ун-ту, 2004. – 135 с.
11. Лазаренко Е. К. Развитие минералогии в Украинской ССР за 30 лет Советской власти / Е. К. Лазаренко // Минерал. сб. – 1948. – № 2. – С. 5–24.
12. Ларченков Е. П. Геология в Одесском университете: времена и пространства. Очерки истории кафедры общей и морской геологии / Е. П. Ларченков, О. П. Кравчук, А. О. Кравчук. – Одесса : Феникс, 2009. – 536 с.
13. Матковський О. И. История минералогии во Львовском университете / О. И. Матковський, Ю. М. Мельник // История и философия минералогии : 2 междунар. семинар : материалы докл. – Сыктывкар, 1999. – С. 74–76.
14. Павлишин В. Про підготовку першого монографічного зведення з історії мінералогії в Україні / В. Павлишин, О. Матковський // Фундаментальне значення і прикладна роль геологічної освіти і науки : міжнар. наук. конф., присвячена 70-річчю геол. ф-ту ЛНУ імені Івана Франка. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2015. – С. 165–167.
15. Ситник К. М. В. И. Вернадский. Жизнь и деятельность на Украине / К. М. Ситник, С. М. Стойко, Е. М. Апанович. – Киев : Наук. думка, 1988. – 366 с.
16. Стефанський В. Л. Про видавничу діяльність Науково-дослідного інституту геології Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара / В. Л. Стефанський // Геологія та рудоносність України. – 2015. – Т. 1, вип. 1. – С. 7–24.
17. Харьковский государственный университет (1805–1980) : исторический очерк. – Харьков : Высшая школа, 1980. – 160 с.
18. Харьковский государственный университет им. Горького за 150 лет (1805–1955). – Харьков : Изд-во Харьков. ун-та, 1955. – 387 с.
19. Kamiński M. Rozwój nauk mineralogicznych i geologicznych na Uniwersytecie Lwowskim (Universytecie Jana Kazimierza) do 1939 r. / M. Kamiński, Z. Pazdro // Prace Muzeum Ziemi. – 1980. – Z. 31. – S. 137–148.

Стаття: надійшла до редакції 10.12.2018
прийнята до друку 21.12.2018

Orest Matkovskiy¹, Volodymyr Pavlyshyn²

¹*Ivan Franko National University of Lviv,
4, Hrushevskoho St., Lviv, Ukraine, 79005,
mineral@franko.lviv.ua*

²*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation
of NAS of Ukraine,
34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03680,
pavlyshyn@gmail.com*

**UNIVERSITY PERIOD OF BECOMING AND DEVELOPMENT
OF DESCRIPTIVE MINERALOGY IN UKRAINE
(19th century–1940's)**

University period of becoming and development of descriptive mineralogy in Ukraine has been briefly analyzed. Its beginning is connected with progress in the development of chemistry and crystallography and the emergence of two Ukrainian giants – Ivan Puliui, the discoverer of X-rays, and Ivan Verkhratskyi, the developer of Ukrainian-language mineralogical and crystallographic terminology.

Mineralogical investigations were conducted at that time by scientists at universities (Lviv, Kharkiv, Kyiv, Odesa, etc.), institutes (Dnipropetrovsk Mining, Kryvyi Rih Mining, Kharkiv Chemical-Technological, Kyiv and Lviv Polytechnics, etc.), scientific societies (Kyiv Naturalists, Copernicus Polish Naturalists, Volyn Researchers, etc.). The most productive activity was the activities of the employees of St. Volodymyr University in Kyiv and the Kiev Society of Naturalists.

The turning point in the history of Ukrainian mineralogy began in 1918 when two fateful for Ukrainian science and practice state institutions were founded – the Ukrainian Geological Committee and the Ukrainian Academy of Sciences (the first leaders – prof. V. Luchytskyi and acad. V. Vernadskyi, respectively). Due to these events, the development of mineralogy accelerated, and it was gradually formulated in Ukraine as a fundamental science. In this process (in addition to state institutions), scientific and public organizations and societies, whose activity was connected with the study of Ukrainian nature, played not the last role.

Key words: mineralogy, mineralogical researches, department, university, institute, geological society, V. Vernadskyi, V. Luchytskyi, Ukraine.

УДК 523.681

Віра Семененко, Аеліта Гіріч, Наталія Кичань

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ,
просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 03680,
cosmin@i.ua*

МЕТЕОРИТ З УМОВНОЮ НАЗВОЮ “ВЕЛИКА БАЛКА”: МІНЕРАЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА І КЛАСИФІКАЦІЯ

Наведено результати структурно-мінералогічних досліджень нового метеорита, який умовно (через сумнівні дані щодо обставин його знахідки в Україні) названо “Велика Балка”. За результатами мікрозондових, оптично- та електронно-мікроскопічних досліджень його класифіковано як хондрит L4-5 з ударною стадією S3 і ступенем земного звірювання W3. Індивідуальною особливістю хондрита є підвищений вміст макрохондр і наявність ниткоподібних кристалів хроміту в маскелініті.

Ключові слова: метеорит, хондрит, текстура, мінерали, хондри, хімічний склад, ударний метаморфізм.

У червні 2016 р. у Комітет з метеоритів (КМЕТ) НАН України надійшов взірець кам'яного метеорита (?) для підтвердження його космічної природи та класифікації (рис. 1). Його надіслав після попереднього листування мешканець Одеси Володимир Володимирович Лук'янець.



Рис. 1. Загальний вигляд метеорита (фото В. Лук'янца).

За словами В. Лук'янца, камінь відшукали у червні 2015 р. в с. Велика Балка Одеської обл. (46°34'N; 30°35'E) неподалік від однієї з закинутих вапнякових шахт. Привернули увагу наявна на ньому кора плавлення та висока густина. Місцеві шахтарі розпові-

дали (що досить неякісно зафіксовано аудіопристроєм) про численні знахідки подібного каміння у вапняках і постійне ламання пилок під час зіткнення з ними. Камінь, що його В. Лук'янець вважає метеоритом, певний час зберігався в кабінеті начальника шахти, а пізніше його викинули на вулицю, і місцеві діти використовували його для фіксації футбольних воріт. За словами одесита, камінь має призмоподібну форму, масу 5,557 кг, розміри $14 \times 10 \times 8$ см і цілком укритий чорно-бурою корою плавлення.

З надісланої в КМЕТ НАНУ частини взірця виготовили чотири аншлифи загальною площею близько $6,5 \text{ см}^2$. Структурно-мінералогічні дослідження полірованих шліфів виконано за допомогою оптичного мікроскопа марки ПОЛІАМ Р-312 та сканувального електронного мікроскопа марки JSM-6490LV фірми Jeol (ДУ "ІГНС НАН України"). Хімічний склад зерен нікелістого заліза й сульфідів заліза визначено на енергодисперсійному спектрометрі (ЕДС) марки INCA Penta FETx3, яким обладнаний електронний мікроскоп, а силікатів і хроміту – на мікроаналізаторі марки JXA-8200 фірми Jeol у Техцентрі НАН України (сила струму – 10 нА, прискорювальна напруга – 15 кВ, діаметр зонда – 2 мкм, використано ZAF-поправки; аналітик – В. Соболев). Похибка аналізів на мікроаналізаторі становила 1,5 відн. % для головних елементів і 0,03 абс. % для другорядних.

Дослідження, виконані у відділі космоекології та космічної мінералогії ІГМР НАН України, засвідчили таке.

1. На поверхні кори плавлення метеорита нема жодних ознак його тривалого перебування у вапняках, а також слідів пилки, що ставить під сумнів викопний характер метеорита.

2. Текстура метеорита реліктова хондритова, вміст макрохондр підвищений, наявні чорні ударні жилки (рис. 2, а). Контури хондр нечіткі, а їхні релікти діагностовано завдяки компактності, однорідності будови, а також наявності подекуди оболонки із зерен нікелістого заліза і троїліту. Будова хондр порфірова, скляна, менше – колосникова (див. рис. 2, б), складноколосникова, зерниста, а макрохондр – тільки порфірова.

В одній із сильно тріщинуватих порфірових хондр, навколо якої розташовані великі зерна нікелістого заліза, розмір силікатних кристалів і ступінь їхнього ідіоморфізму зменшуються від центра до периферії, що свідчить про градієнт швидкості охолодження внутрішньої й зовнішньої частин хондри.

У метеориті діагностовано релікт складної колосникової хондри з двома системами олівінових колосників, що перетинаються майже під прямим кутом; у ній мезостазис домінує над кристалічною фазою. Релікт уміщує дрібнішу хондру зернистої будови. Проникнення затверділої зернистої хондри в пластичну колосникову є важливою ознакою їхнього різного агрегатного стану та постійної взаємодії в період агломерації материнського тіла хондрита.

Скло в хондрах розкристалізоване слабо, містить вторинні, часто скелетні силікатні кристали (див. рис. 2, в), іноді – рівномірно розподілені субмікронні зерна хроміту, троїліту й нікелістого заліза. У більшості хондр скло є в підпорядкованій кількості порівняно з кристалічною силікатною фазою.

Макрохондри розміром ≤ 7 мм з чіткими контурами мають кулясту недеформовану форму (що свідчить про їхню агломерацію в твердому, а не пластичному стані), порфірову будову, містять достатньо великі кристали олівіну й піроксену ($\leq 0,5 \times 0,4$ мм), слабо розкристалізований мезостазис із вторинними скелетними кристалами силікатів, частина яких розташована на фазовій межі порфірових кристалів.

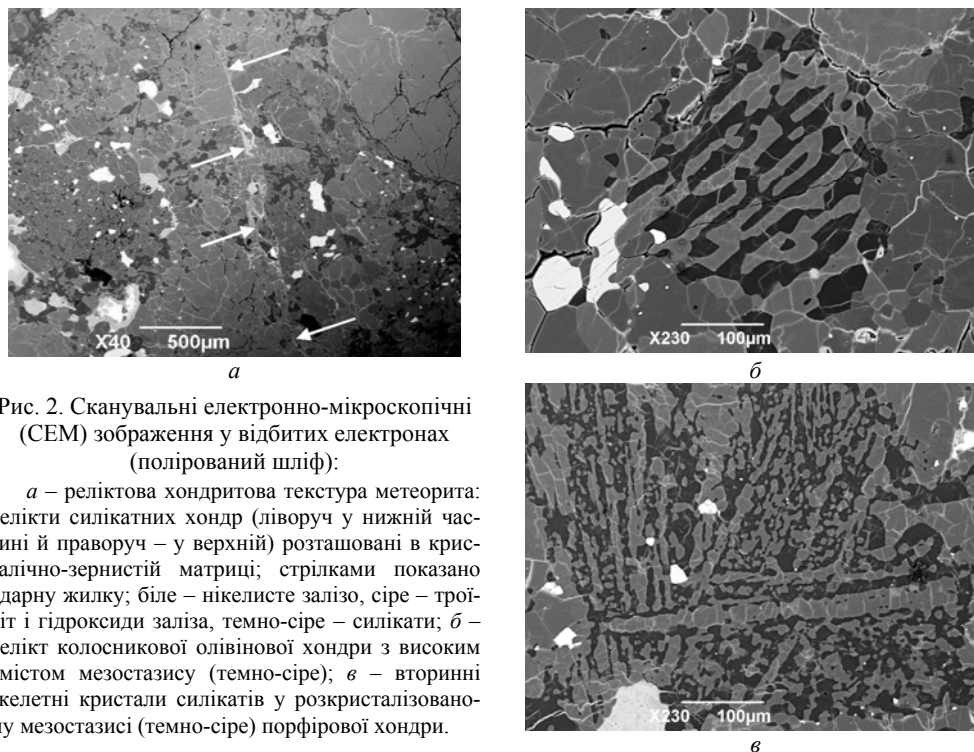


Рис. 2. Сканувальні електронно-мікроскопічні (СЕМ) зображення у відбитих електронах (полірований шліф):

a – реліктова хондритова текстура метеорита: релікти силікатних хондр (ліворуч у нижній частині й праворуч – у верхній) розташовані в кристалічно-зернистій матриці; стрілками показано ударну жилку; біле – нікелисте залізо, сіре – троїліт і гідроксида заліза, темно-сіре – силікати; *б* – релікт колосникової олівинової хондри з високим вмістом мезостазису (темно-сіре); *в* – вторинні скелетні кристали силікатів у розкристалізованому мезостазисі (темно-сіре) порфірової хондри.

Матриця силікатна, нерівномірнозерниста, з окремими великими зернами й асоціаціями троїліту й нікелистого заліза.

3. Мінеральний склад метеорита ординарний хондритовий: головні мінерали – олівін, піроксен, троїліт, нікелисте залізо (теніт, камасит, грубоструктурний плесит); другорядні – Са-піроксен, плагіоклаз, маскелініт; акцесорні – хроміт, фосфат. Серед непрозорих мінералів троїліт домінує над нікелистим залізом. На відміну від хондр, у матриці визначено вищий вміст і більший розмір зерен Fe,Ni-металу і троїліту.

4. За даними мікрозондового аналізу (див. таблицю), середній склад олівіну відповідає формулі $Fe_{24,5(0,40)}$ *, піроксену – $En_{78,2(0,28)}Fs_{20,6(0,34)}Wo_{1,18(0,24)}$, Са-піроксену – $En_{47,8}Wo_{43,7}Fs_{8,56}$, плагіоклазу – $Ab_{86,2}An_{7,83}Or_{6,02}$. У хроміті визначено підвищений вміст тугоплавких компонентів (межі за трьома аналізами), мас. %: MgO – 2,48–3,36, Al_2O_3 – 1,29–1,38, TiO_2 – 2,85–2,90, V_2O_5 – 0,57–0,65, що свідчить про високотемпературні умови його утворення.

За даними енергодисперсійних досліджень (рис. 3), камасит (14 аналізів) містить у середньому 6,26 мас. % Ni (стандартне відхилення – 0,56) і 1,35 мас. % Co (0,25), теніт (20 аналізів) – 33,4 Ni (7,36) і 0,62 Co (0,25), плесит (два аналізи) – 11,6 Ni (0,74) і 0,89 мас. % Co (0,11).

5. У хондриті наявні численні ознаки ударного метаморфізму, зокрема:

* У дужках наведено стандартне відхилення.

Хімічний склад силікатів у хондриті з умовною назвою “Велика Балка” (L4-5), визначений за допомогою мікрозондового аналізу, мас. %

Оксиди	Олівін ($n = 11$)	Низькокальцієвий піроксен ($n = 6$)	Висококальцієвий піроксен ($n = 1$)	Плагіоклаз ($n = 1$)
SiO ₂	37,60–38,30 (38,10)	55,00–55,70 (55,30)	53,00	64,70
TiO ₂	Н. в.–0,04 (< 0,01)	0,10–0,19 (0,15)	0,40	0,07
Al ₂ O ₃	Н. в.–0,03 (< 0,01)	< 0,02–0,05 (0,04)	0,13	20,40
Cr ₂ O ₃	Н. в.–0,05 (< 0,02)	0,05–0,16 (0,10)	0,86	0,03
MgO	37,70–38,70 (38,30)	28,30–28,60 (28,50)	16,40	Н. в.
FeO	21,60–23,10 (22,10)	13,10–13,80 (13,40)	5,22	0,46
MnO	0,37–0,50 (0,43)	0,42–0,47 (0,44)	0,24	0,04
CaO	Н. в.–0,04 (< 0,01)	0,40–0,72 (0,60)	20,8	1,59
Na ₂ O	Н. в.	Н. в.–0,03 (< 0,02)	0,58	9,69
K ₂ O	Н. в. (< 0,01)	Н. в.	0,05	1,03
P ₂ O ₅	Н. в.–0,22 (0,04)	Н. в.–0,03 (< 0,01)	0,03	0,03
Мінали				
Fa	24,1–25,2 (24,5)			
Fo	74,8–75,9 (75,5)			
Fs		20,2–21,2 (20,6)	8,56	
En		78,0–78,7 (78,2)	47,80	
Wo		0,79–1,42 (1,18)	43,70	
Ab				86,20
An				7,83
Or				6,02

Примітка. Н. в. – не визначено; n – кількість аналізів; у дужках наведено середнє значення.

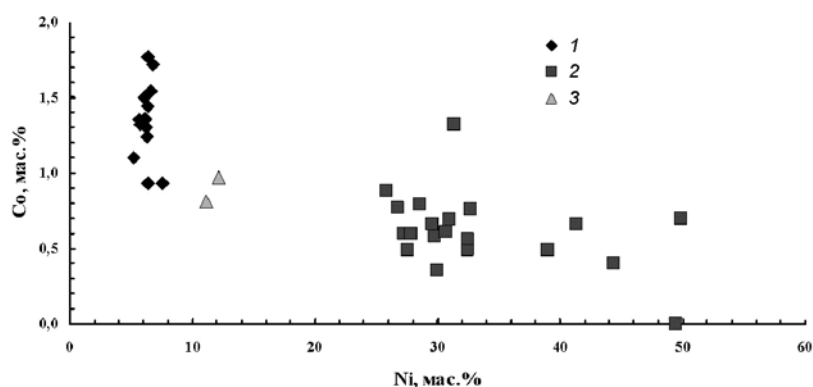


Рис. 3. Вміст Ni та Co у нікелістому залізі хондрита “Велика Балка” (визначено методом ЕДС): 1 – камасит; 2 – теніт; 3 – плесит.

– полікристалічна будова зерен камаситу і троїліту з елементами додаткової деформації (головно, зсування монокристалів один щодо іншого, системи деформаційних пластинок з різною орієнтацією (рис. 4, *a*) у монокристалах полікристалічного троїліту);

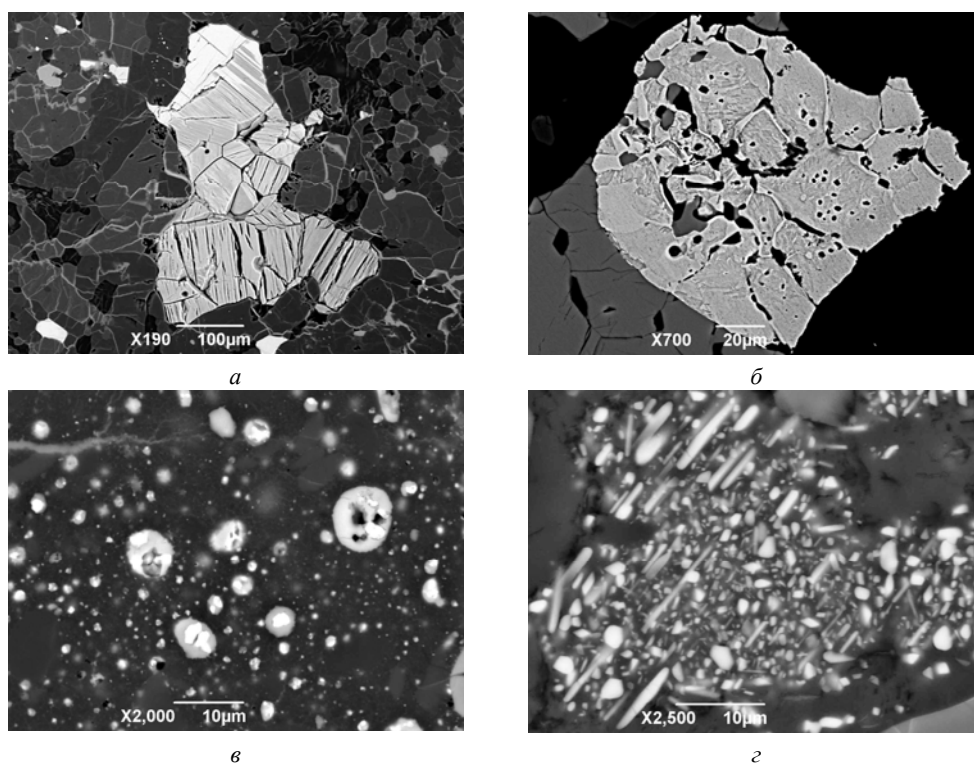


Рис. 4. СЕМ-зображення у відбитих електронах структур ударного метаморфізму в полірованому шліфі хондрита "Велика Балка":

a – різноорієнтовані системи субпаралельних пластинок деформації в монокристалах полікристалічного зерна троїліту; темно-сіре – силікати; *б* – рідкісна полікристалічна будова теніту, монокристали якого мають зональну будову з високонікелістою тенітовою оболонкою навколо мартенситоподібного плеситу; теніт містить багато включень (чорне), окремі з них кубічної форми і можуть бути фосфідом заліза; темно-сіре – троїліт, чорне – силікати; *в* – пілоподібні структури плавлення в чорних ударних жилках, що перерізають хондрит; біле – нікелісте залізо, сіре – троїліт, темно-сіре – маскелініт; *г* – скупчення ідіоморфних і субпаралельних пластинчастих кристалів хроміту, інколи ниткоподібних, у ділянці маскелініту (чорне).

– класична зональна будова зерен теніту й наявність мікрографічного плеситу, інколи мартенситу в теніті; хвилясте і мозаїчне загасання зерен олівіну. Полікристалічні зерна камаситу і троїліту мають чіткі контури великих правильних монокристалів, що, згідно з даними Дж. Вуда [5], свідчить про повторне нагрівання до 400 °С і повільне охолодження деформованих зерен. В одному з великих зерен виявлено неординарну асоціацію полікристалічних камаситу і троїліту з рідкісним полікристалічним тенітом (див. рис. 4, *б*), монокристали якого мають неправильну форму і вміщують мартенситоподібну серцевину, що може бути результатом швидкого охолодження;

– чорні ударні жилки та окремі ділянки, які заповнені маскелінітом, типовими жилкуватими, кулястими, сітчастими, комірчастими й пилоподібними (див. рис. 4, в) структурами плавлення головно трюліту, а також скупченнями мікрочастин хроміту, окремі з яких представлені двома–трьома системами паралельних пластинок або ниткоподібних кристалів (див. рис. 4, з), що нетипово для морфології хроміту й може бути зумовлено дуже високою швидкістю охолодження ударного розплаву.

6. Хондрит містить типові ознаки нерівномірного звітрювання за земних умов, зокрема, різний ступінь заміщення зерен Fe,Ni-металу і трюліту гідроксидами заліза, яке домінує в камаситі, а також прожилки гідроксидів заліза по міжфазових межах мінералів і тріщинах у силікатах. Гідроксиди заліза представлені, найімовірніше, гідрогетитом, зональна будова якого свідчить про різний вміст води в окремих зонах навколо звітрених зерен камаситу.

7. За структурно-мінералогічними характеристиками та хімічним складом мінералів метеорит класифіковано [1] як хондрит L4-5 з ударною стадією S3 [3] та ступенем звітрювання W3 [4]. У метеориті збереглися ознаки щонайменше його дворазового зіткнення з іншими тілами в поясі астероїдів. Значення ударного тиску під час повторного удару було менше, ніж під час першого, тому в метеориті з'явилися тільки крихкі й пластичні деформації.

Отже, головні структурно-мінералогічні особливості метеорита такі:

1) наявність підвищеної кількості силікатних макрохондр, що свідчить про агрегацію материнського тіла хондрита, імовірно, у ділянці протопланетної туманності зі зниженою інтенсивністю їхніх взаємних зіткнень і фрагментації;

2) пластинчаста й ниткоподібна форма кристалів хроміту в ударних розплавах, що є доказом значної швидкості їхнього охолодження.

За результатами виконаних досліджень хондрит названо “Велика Балка” умовно, оскільки зроблено висновок про сумнівність даних щодо його знахідки не тільки у вапняках, а й загалом на території України. Зважаючи на сучасний ажіотаж навколо метеоритів та їхню комерційну ціну, ми вимушені припустити значну ймовірність його купівлі на одному з метеоритних базарів поза межами України й надання невірогідних даних у Комітет з метеоритів НАНУ для легалізації взірця та його подальшого продажу за вищою ціною. На жаль, такі випадки не поодинокі, і якщо для фрагментарних взірців залізних метеоритів можна відразу оцінити ступінь вірогідності їхньої знахідки на теренах України, то для кам'яних це досить важко. Отже, останній метеорит, який відшукали на території України й безкоштовно передали до КМЕТ НАНУ співробітники Кіровської експедиції, – це хондрит *Грузьке* [2].

Автори щиро вдячні В. Соболеву та В. Сливінському за технічну допомогу під час виконання мікрозондових та електронно-мікроскопічних досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Семененко В. Структурно-мінералогічна класифікація метеорита з умовною назвою “Велика Балка” / Віра Семененко, Аеліта Гіріч, Наталія Кичань // Мінерал. зб. – 2018. – № 68, вип. 1. – С. 146–148.
2. Структурно-мінералогічні особливості кам'яного метеорита *Грузьке* / В. Семененко, А. Гіріч, Н. Кичань, С. Ширінбекова // Мінерал. зб. – 2010. – № 60, вип. 1. – С. 59–69.

3. *Stöffler D.* Shock metamorphism of ordinary chondrites / D. Stöffler, K. Keil, E. R. D. Scott // *Geochim. Cosmochim. Acta.* – 1991. – Vol. 55. – P. 3845–3867.
4. *Wlotska F.* A weathering scale for the ordinary chondrites (abstract) / F. Wlotska // *Meteoritics.* – 1993. – Vol. 28. – P. 460.
5. *Wood J. A.* Chondrites: Their metallic minerals, thermal histories, and parent planet / J. A. Wood // *Icarus.* – 1967. – Vol. 6, N 1. – P. 1–49.

*Стаття: надійшла до редакції 28.10.2018
прийнята до друку 21.12.2018*

Vira Semenenko, Aelita Hirich, Nataliia Kychan

*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU,
34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03680,
cosmin@i.ua*

METEORITE WITH CONVENTIONAL NAME "VELYKA BALK": MINERALOGICAL CHARACTERISTIC AND CLASSIFICATION

The results of structural and mineralogical study of meteorite with conventional name "Velyka Balka" are given. Because of absence of reliable dates from the meteorite owner, its finding circumstances caused strong doubt in the sample finding in Ukraine.

On the base of optical, electron microscopy and microprobe investigations the meteorite is classified as L4-5 chondrite with shock stage S3 and weathering scale W3. The microprobe data indicate to a low variation in a composition of olivine ($\text{Fa}_{24.1-25.2}$) and Ca-low pyroxene ($\text{En}_{78.0-78.7}\text{Fs}_{20.2-21.2}\text{Wo}_{0.79-1.42}$). Composition of Ca-rich pyroxene corresponds to $\text{En}_{47.8}\text{Wo}_{43.7}\text{Fs}_{8.56}$ and plagioclase – to $\text{Ab}_{86.2}\text{An}_{7.83}\text{Or}_{6.02}$.

The chondrite contains such evidences of shock metamorphism: (1) polycrystalline structure of kamacite and troilite grains with signs of additional deformation; (2) the presence of zone grains of taenite, coarse plesite and relics of martensite within the taenite grains; (3) wave and mosaic extinction of olivine grains; (4) the presence of shock melted veins and pockets with maskelynite containing melted troilite and chromite microcrystals.

Signs of at least double collision of a parent body of the meteorite with other bodies in the asteroids belt are preserved. The second impact was less intense than the first one and caused formation of fragile and plastic deformations in the meteorite. Enhanced content of macrohondrules and the presence of filiform crystals of a chromite in maskelynite are individual features of the chondrite.

Key words: meteorite, chondrite, texture, minerals, chondrules, chemical composition, shock metamorphism.

УДК 551.311.231:553.08(571.56)

Николай Зинчук

*Западно-Якутский научный центр Академии наук РС(Я),
ул. Ленина, 4/1, Мирный, РФ, 678170,
nzninchuk@rambler.ru*

ПРИКЛАДНОЕ ЗНАЧЕНИЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМАЦИИ ДРЕВНИХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ

Комплексные исследования кор выветривания D_3-C_1 и T_{2-3} на различных породах (терригенно-карбонатные образования, долериты, туфы, туфогенные породы, кимберлиты) свидетельствуют, что в условиях тёплого и влажного климата образовались соответствующие формации кор выветривания. Многокомпонентный состав исходных пород обусловил во время корообразования замедленное преобразование первичного материала, в результате чего формирование кор выветривания приостановилось зачастую на начальных стадиях. Развитие неполных профилей выветривания вызвано, прежде всего, слабым выносом из первичных минералов двухвалентных катионов. Вновь возникающие фазы диоктаэдрические, они нередко сохраняют смешанный состав структурных катионов. Обнаруженные типоморфные различия в составе каждого типа коры выветривания можно успешно использовать при совершенствовании методики поисковых работ на алмазы.

Ключевые слова: кора выветривания, терригенно-карбонатные породы, долериты, туфы, туфогенные образования, кимберлиты, поисковые работы, алмаз, Сибирская платформа.

На древних платформах в алмазоперспективных районах широко развиты древние коры выветривания (КВ) на различных породах [3, 6–10, 14, 15, 17–20, 23, 25, 27, 28, 32], а также отложения, обогащённые продуктами их размывания и переотложения в разных фациальных обстановках [1, 2, 9–14, 18, 21, 22, 24, 26, 31]. Интенсивность выветривания обычно резко возрастает с повышением температуры и количества выпадающих осадков [3, 23, 25, 27]. Важное значение при этом имеет обилие гумусового вещества, обладающего кислотными свойствами. Мощность КВ во многом зависит от глубины залегания грунтовых вод. Наиболее мощная КВ формируется на водоразделах, в то время как интенсивная денудация элювиальных продуктов происходит вдоль эрозионной сети, а на плоских водоразделах наблюдается минимальный размыв при наиболее интенсивном дренаже. Элювиальные продукты сохраняются от размыва только при стечении благоприятных факторов, преимущественно в понижениях древнего рельефа и в тектонически опущенных блоках.

Наиболее детально мы изучили КВ в Малоботуобинском (МБАР), Далдыно-Алакитском (ДААР) и Средне-Мархинском (СМАР) алмазонасных районах Сибирской платформы (СП). В них благоприятные палеогеографические условия для формирова-

ния выветрелых толщ существовали в позднедевонское–раннекаменноугольное и средне–позднетриасовое время.

Поскольку на рассматриваемой территории в конце девона произошло сокращение морского бассейна [9–11, 13], то на северо-западе и северо-востоке Тунгусской синеклизы (ТС) сформировались низменные прибрежные равнины, а на юге Тунгусской и Вилуйской синеклиз возникли равнины с континентальным осадконакоплением, их разделяли более высокие денудационные плато. Каменноугольному периоду активизации общего вздымания СП предшествовала эпоха относительного покоя, в течение которой дифференцированных тектонических движений практически не было. Выравнивание пенепленизированного рельефа и образование элювия на исходных породах происходило постепенно на протяжении всего периода формирования территории. Продукты КВ поступали в коррелятивные толщи равномерно, что связано с незначительными в это время изменениями тектонического режима и палеорельефа. Поэтому отложения C_1 ТС отражают погребённую поверхность выравнивания на границе $D-C$ и по всему разрезу обогащены продуктами выветривания, то есть представляют формацию древних КВ [12–15, 18]. Общая картина осадконакопления в карбоне (по сравнению с девоном) изменялась мало. На территории ТС в карбоне и перми были широко развиты низменные заболоченные равнины с угленосными отложениями. В конце перми во многих районах СП начались излияния лав и внедрение траппов (особенно интенсивно – в начале T_1). К концу этого периода длительная эпоха денудации завершилась пенепленизацией СП. Региональная пенепленизация в среднем и позднем триасе обусловлена эпохой относительного тектонического покоя (предшествовала юрской активизации СП). В этот же период формировалась мощная КВ, причем корообразование, денудация и переотложение элювиальных продуктов в коррелятивные толщи происходили относительно равномерно, что было обусловлено (как и в D_3-C_1) слабым изменением палеорельефа и тектонического режима. Иреляхская свита рэта–геттанга Ангаро-Вилуйского наложенного мезозойского прогиба (АВНМП), наиболее обогащённая продуктами выветривания (формация КВ и продуктов их переотложения), является отражением погребённой денудационной поверхности среднего–верхнего триаса.

В пределах упомянутых выше алмазоносных районов Якутской алмазоносной провинции (ЯАП) древние КВ развиты на различных породах: терригенно-карбонатных PZ_1 , долеритах, туфах и туфобрекчиях трубчатых тел, туфогенных образованиях корвунчанской свиты и кимберлитах. В структурном плане древние КВ приурочены преимущественно к конседиментационным палеоподнятиям [6, 8, 9, 14, 17], в пределах которых во время формирования перекрывающих их отложений развивались обстановки денудационных и денудационно-аккумулятивных равнин. В конседиментационных палеоподнятиях, служивших местами аккумуляции переотложенного материала КВ, были неблагоприятные условия для интенсивного корообразования. Например, в D_3-C_1 в МБАР относительно наиболее полные и мощные (до 15 м) площадные остаточные КВ на терригенно-карбонатных породах PZ_1 развивались (а затем сохранились от размывания) на Мирнинском, Улу-Тогинском, Джункунском и Чернышевском палеоподнятиях, обрамлявших, соответственно, Ботуобинскую, Улу-Тогинскую, Джункунскую и Ахтардинскую впадины. При этом в отдельных разрезах фиксируют верхние горизонты КВ, свидетельствующие о формировании в них полных профилей.

Подобные палеогеоморфологические особенности развития и распределения характерны и для средне–позднетриасовых КВ на аналогичных породах, которые в МБАР формировались в двух различных структурно-формационных зонах [6, 9, 14], резко

отличающихся условиями развития и сохранения элювиальных продуктов. Одна из них охватывает всю северо-западную половину территории района и структурно совпадает с северо-западным бортом АВНМП; этот прогиб на протяжении длительного времени (норий–ранний лейас) являлся денудационной поверхностью и только в плинсбахе – денудационно-аккумулятивной. Здесь ко времени корообразования были развиты терригенно-вулканогенные отложения PZ_3 , а также породы трапповой формации T_1 (долериты, туфы, туфогенные образования). Только в полосе шириной 25–30 км вдоль бровки северо-западного борта АВНМП в то время обнажались терригенно-карбонатные породы PZ_1 , подвергающиеся интенсивному корообразованию. Вторая – юго-восточная зона района (совпадает с центральной частью АВНМП, где в среднем и позднем триасе обнажались терригенно-карбонатные породы PZ_1) – была неблагоприятной для интенсивного корообразования. В процессе выветривания разрушенный материал субстрата сносился в пониженные участки центральной части прогиба. Возможно, на небольших поднятиях в прогибе КВ могла достигать значительной мощности.

В ДААР также обнаружено приуроченность КВ к палеоподнятиям и их склонам. Например, поля развития площадных остаточных КВ на терригенно-карбонатных породах ордовика и силура тяготеют к Чукук-Мархинскому и Верхне-Алакитскому поднятиям и их склонам, причем на этих склонах выявлено фрагменты относительно более мощных и широких (по площади) элювиальных толщ, а в ближайших депрессиях – аккумуляцию продуктов их переотложения. Судя по таким разрезам КВ на траппах мощностью до 15 м, здесь в средне–позднетриасовое время также были благоприятные условия для интенсивного корообразования.

В позднедевонское–раннекаменноугольное время на большей части территории Непско-Ботубинской и Анабарской антеклиз и их склонов, а также почти на всей площади МБАР и ДААР выветриванию подвергались повсеместно обнажавшиеся *терригенно-карбонатные породы* PZ_1 . В течение T_{2-3} корообразование на этих породах происходило только в юго-восточной части МБАР. Из-за значительно большего эрозионного среза пород в допозднепалеозойское время, чем в дораннеюрское, сохранность средне–позднетриасовых КВ оказалась здесь значительно лучшей, чем позднедевонских–раннекаменноугольных. В целом эти КВ вместе с перекрывающими их отложениями фиксируют поверхность последних циклов денудации двух глобальных и продолжительных эпох выветривания (рис. 1), которые обусловили формирование разновозрастных формаций КВ и продуктов их переотложения.

Комплексные исследования профилей выветривания этих пород свидетельствуют, что, несмотря на различный возраст, условия формирования и сохранности КВ, у них есть общие черты (рис. 2). В легкой фракции продуктов КВ терригенно-карбонатных пород повышены концентрации полуокатанных и окатанных зерен кварца и халцедона, а также угловатых обломков опала. Здесь повышено, по сравнению с другими толщами, содержание кислых плагиоклазов (альбита, олигоклаза) и санидина, зёрна которых в верхних горизонтах разрезов чаще всего регенерированы и изменены. Зёрна плагиоклазов обычно имеют неправильную форму со сглаженными углами. Слабо выветрелым терригенно-карбонатным породам свойственно также наличие вторичных сульфатных минералов – алюминита, паралиюминита, базалиюминита, ярозита и др. Для тяжёлой фракции довольно характерны полуокатанные и окатанные зерна апатита, альмандина, турмалина, циркона, эпидота, а также повышенные концентрации аутигенного пирита, сидерита, барита и ярозита. В отдельных разрезах есть единичные пластинчатые обломки хлоритоида, брусита, муассанита, не встреченные в КВ других типов.

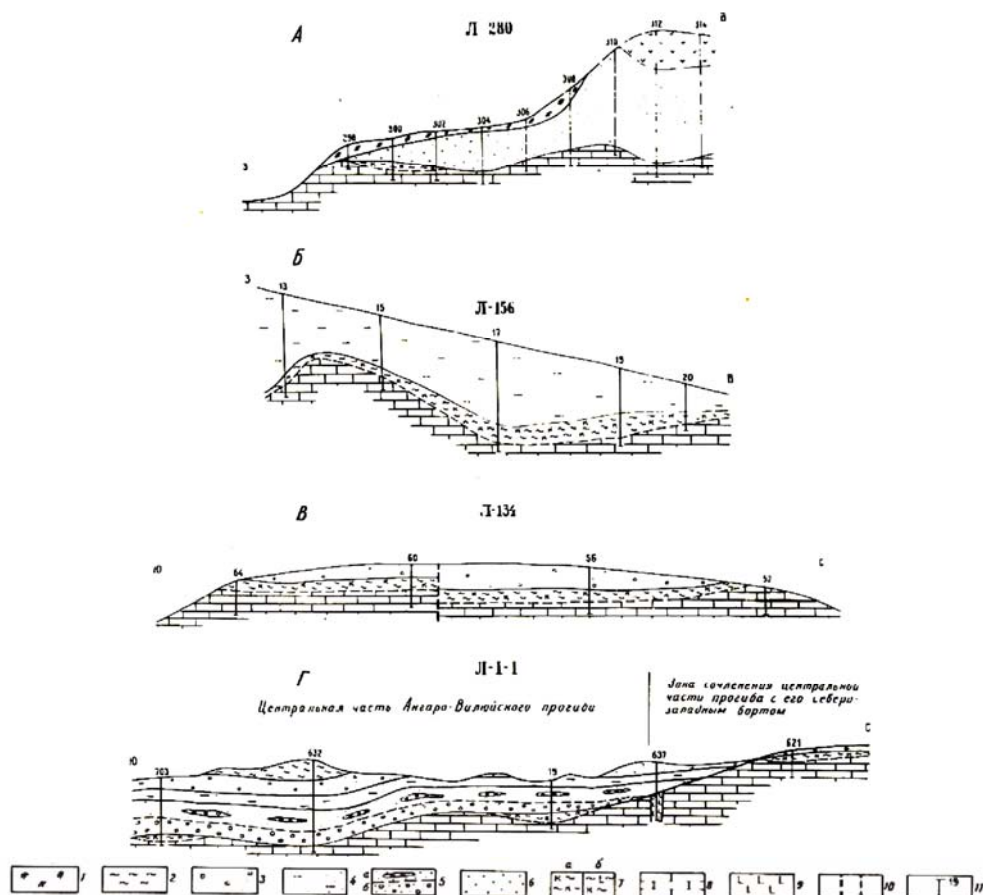


Рис. 1. Сводные геологические разрезы кор выветривания терригенно-карбонатных пород:

А – северо-западный борт Ангаро-Вилуйского прогиба; Б – Иреляхская депрессия; В – южная часть северо-западного борта Ангаро-Вилуйского прогиба; Г – центральная часть прогиба и зона её сочленения с северо-западным бортом; 1 – четвертичные отложения; 2 – алевритисто-глинистые породы тоарского яруса; 3 – пески с галькой домерского подъяруса; 4 – песчано-алеврито-глинистые отложения карикского подъяруса; 5 – пески с линзами и прослоями галечников (а) и галечники (б) укугутской свиты; 6 – осадки PZ_3 ; 7 – траппы T_1 ; 8 – коры выветривания T_{2-3} и D_3-C_1 на терригенно-карбонатных породах площадного развития (а) и T_{2-3} на туфах трубок взрыва локального развития (б); 9 – терригенно-карбонатные породы PZ_1 ; 10 – туфы трубок взрыва; 11 – тектонические нарушения; 12 – колонковые скважины и их номер.

Имеющийся в терригенно-карбонатных породах тонкодисперсный триоктаэдрический хлорит (в основном раннекатагенетический), который образует в породах цемент, быстро разлагается в зоне гипергенеза. Поэтому пелитоморфные продукты выветривания этих пород представлены исключительно диоктаэдрическими минералами. На самой ранней стадии выветривания это первичные минералы (гидрослюды и монтмориллонит-гидрослюдистая смешаннослоистая фаза), а на более поздних стадиях – и вторичные минералы типа каолинита.

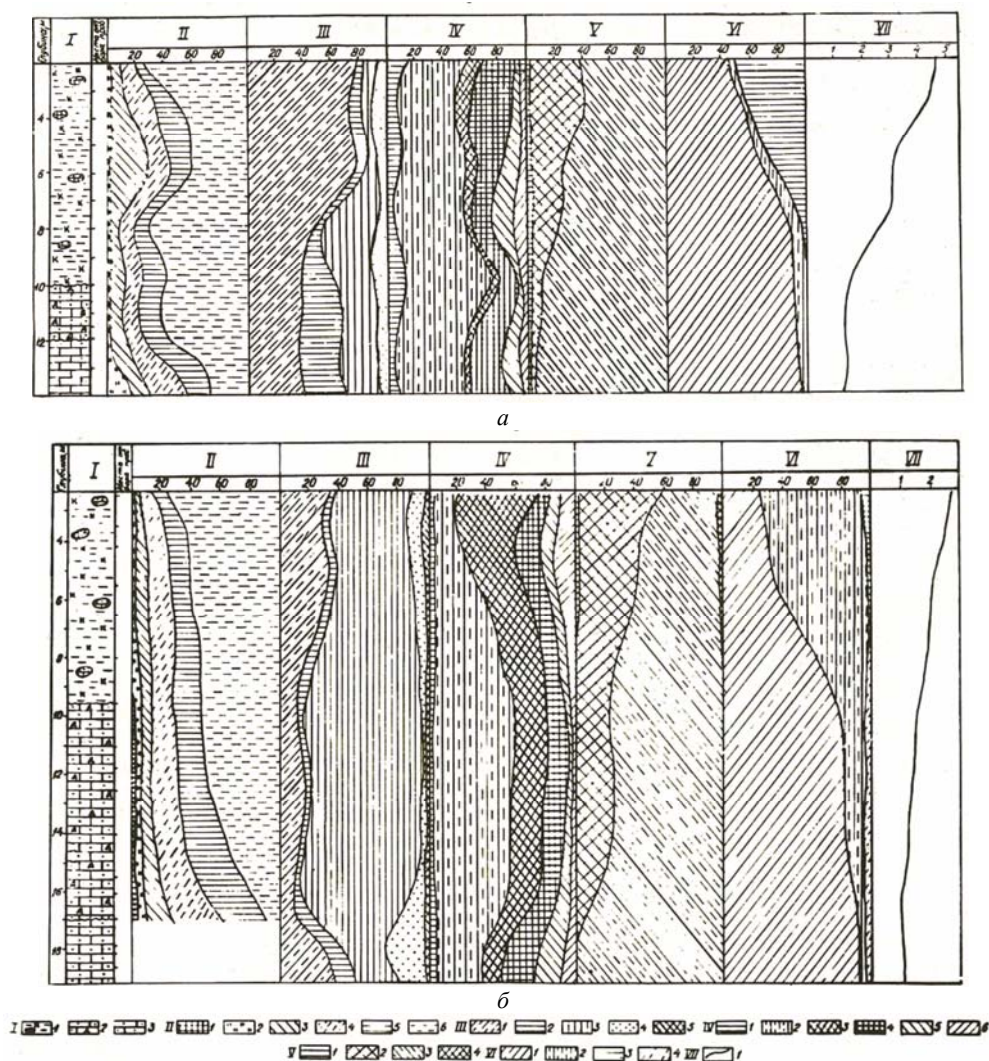


Рис. 2. Литологический разрез допозднепалеозойской (а) и дораннеюрской (б) кор выветривания терригенно-карбонатных пород:

I – литологическая колонка, породы: 1 – выветрелые; 2 – дезинтегрированные; 3 – плотные карбонатные; II – гранулометрический состав, размер фракций, мм: 1 – $> 0,5$; 2 – $0,50-0,25$; 3 – $0,25-0,10$; 4 – $0,10-0,05$; 5 – $0,05-0,01$; 6 – $< 0,01$; III – минеральный состав легкой фракции размером $0,10-0,05$ мм: 1 – кварц; 2 – полевые шпаты; 3 – слюдисто-глинистые и глинисто-железистые агрегаты; 4 – обломки пород; 5 – прочие минералы; IV – первичные минералы тяжелой фракции размером $0,10-0,05$ мм: 1 – ильменит; 2 – магнетит; 3 – группа эпидота; 4 – турмалин; 5 – циркон; 6 – другие минералы; V – аутигенные минералы тяжелой фракции размером $0,10-0,05$ мм: 1 – пирит; 2 – сидерит; 3 – гидроксиды железа; 4 – барит; VI – минеральный состав фракции $< 0,001$ мм: 1 – гидрослюда; 2 – монтмориллонит-гидрослюдистые смешаннослоистые образования; 3 – каолинит; 4 – хлорит и хлорит-монтмориллонитовые смешаннослоистые образования; VII – отношение интенсивностей межплоскостных расстояний $I_{1,0 \text{ нм}}:I_{0,5 \text{ нм}}$.

Особенностью глинистой составляющей КВ терригенно-карбонатных пород, независимо от времени их формирования (см. рис. 2), является повсеместное наличие в её составе диоктаэдрической гидрослюды $2M_1$ с Al и Fe^{3+} в октаэдрических позициях. Весьма характерный минерал в продуктах выветривания этих пород – монтмориллонит-гидрослюдистое смешаннослоистое образование (МГСО) с различной тенденцией к упорядоченности.

Анализ вариационных LM–OK-диаграмм, построенных по нашей методике [31], свидетельствует, что выветривание терригенно-карбонатных пород резко отличается от характера изменения в гипергенных условиях магматических пород региона – долеритов, туфов, туфогенных образований, а также кимберлитов. Вектор преобразования терригенно-карбонатных пород направлен непосредственно к полю каолинита, что в целом соответствует известной закономерности его образования при выветривании кислых и близких к ним по химическому составу осадочных пород. Этот вывод полностью подтвержден нашими данными о закономерном развитии каолинита в наиболее полных профилях КВ терригенно-карбонатных пород.

Учитывая общие черты в вещественном составе продуктов выветривания *пород трапповой формации* (туфы, туфогенные образования, долериты), целесообразно анализировать их минералого-геохимические особенности совместно. Мы акцентируем внимание не только на отличительных чертах состава и характеристике первичных минералов, но и на некоторых аспектах строения и кристаллической структуры, которые подчеркивают главнейшие типоморфные признаки элювиальных продуктов.

Характерными минералами лёгкой фракции выветрелых пород трапповой формации (рис. 3, 4) являются в различной степени изменённые плагиоклазы (от андезина до битовнита) и гейландит. Вверх по разрезу в породах обычно увеличивается содержание олигоклаза, что связано с меньшей устойчивостью средних и основных плагиоклазов. В слабо изменённых зёрнах плагиоклазов довольно часты полисинтетические двойники. Гейландит представлен мелкими угловатыми пластинчатыми обломками. Довольно характерны для КВ туфов и туфогенных пород выделения аллофана. Типоморфным минералом тяжёлой фракции является ильменит [8–10]. В КВ долеритов обычно доминируют толстотаблитчатые и пластинчатые его кристаллы с хорошо развитыми гранями, а также угловатые обломки с реликтами огранки. В КВ туфов и туфогенных пород зёрна ильменита преимущественно неправильной формы со сглаженными краями, реже – остроугольные обломки. Часто фиксируют значительные концентрации амфиболов, клинопироксенов, эпидота, клиноцоизита, цоизита, турмалина, циркона, кианита и вулканического стекла. Среди тяжёлых аутигенных минералов резко доминируют разнообразное выделения гидроксидов железа, что придаёт породам буроватую окраску.

Для глинистых минералов из слабо изменённых долеритов (см. рис. 3) характерен Mg- Fe^{3+} -монтмориллонит [4], ассоциирующий с вермикулитом. Обе фазы сегрегированы друг от друга и структурно являются механической смесью. В верхних частях наиболее полных изменённых профилей выветривания появляются пакеты монтмориллонита в пределах всего объёма кристаллов, и по мере их появления микроблоки вермикулита распадаются на отдельные слои, которые, несмотря на сопровождающую этот процесс их существенную диоктаэдризацию, сохраняют реликтовую структуру вермикулита [4]. Такие слои неупорядоченно чередуются с разбухающими пакетами и образуют смешаннослоистую фазу. Её наличие в продуктах выветривания основных пород, в связи с иной природой чередующихся пакетов, есть типоморфным признаком.

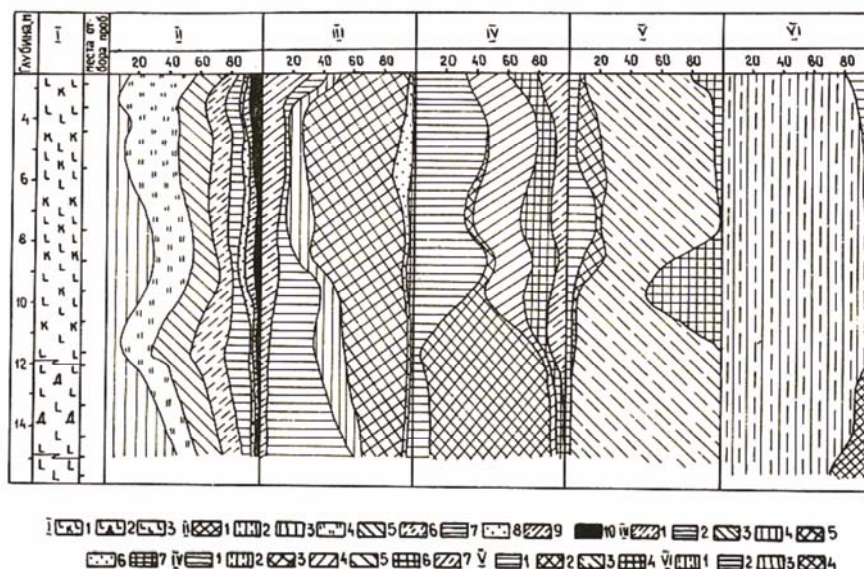


Рис. 3. Литологический разрез образований коры выветривания долеритов, вскрытых скважиной 264/334 в МБАР:

I – литологическая колонка: 1 – выветрелые долериты; 2 – дезинтегрированные породы; 3 – плотные долериты; II – гранулометрический состав, размер фракций, мм: 1 – > 2,5; 2 – 2,5–1,0; 3 – 1,0–0,5; 4 – 0,50–0,25; 5 – 0,25–0,10; 6 – 0,10–0,05; 7 – 0,05–0,01; 8 – < 0,01; III – минеральный состав лёгкой фракции размером 0,10–0,05 мм: 1 – кварц; 2 – полевые шпаты; 3–5 – агрегаты: 3 – кремнистые, 4 – слюдисто-глинистые, 5 – глинисто-железистые; 6 – прочие минералы; IV – первичные минералы тяжёлой фракции размером 0,10–0,05 мм: 1 – ильменит + магнетит; 2 – изменённый ильменит; 3 – очень неустойчивые минералы (амфиболы, пироксены, оливин); 4 – умеренно устойчивые минералы (группа эпидота); 5 – гранаты; 6 – циркон; 7 – весьма устойчивые минералы (титанит, рутил, кианит, турмалин); V – аутигенные минералы тяжёлой фракции размером 0,10–0,05 мм: 1 – пирит; 2 – сидерит; 3 – гидроксиды железа; 4 – барит; VI – глинистые минералы фракции < 0,001 мм: 1 – монтмориллонит и неупорядоченное вермикулит-монтмориллонитовое смешаннослоистое образование; 2 – каолинит; 3 – хлорит; 4 – вермикулит.

При резком уменьшении количества вермикулитовых пакетов в структуре смешаннослоистого образования оно всё более приближается к диоктаэдрическому (с одновременным резким увеличением количества дефектов), что сопровождается усилением роли Al в октаэдрических позициях. Такому образованию присущи беспорядочное наложение слоёв в структуре и пониженные значения параметра b (0,894–0,896 нм) элементарной ячейки. Обнаружено также слабое разбухание с глицерином после насыщения K, что свидетельствует об относительно высоком заряде слоистых пакетов.

Анализ вариационных LM–OK-диаграмм показал [31], что, несмотря на определённое различие исходных пород основного состава, продукты их выветривания по химизму в чём-то похожи. Векторы выветривания основных пород исследованных алмазодносных районов направлены к полю бокситов, что обусловлено их формированием в процессе выветривания гидроксидов Al. Значительное перераспределение Si и выноса его избытка и железа из структуры первичных минералов приводят к первоначальному развитию каолинита в средних частях наиболее изменённых профилей, а в отдельных трубчатых телах туфогенных пород (Ан-49) – и гиббсита.

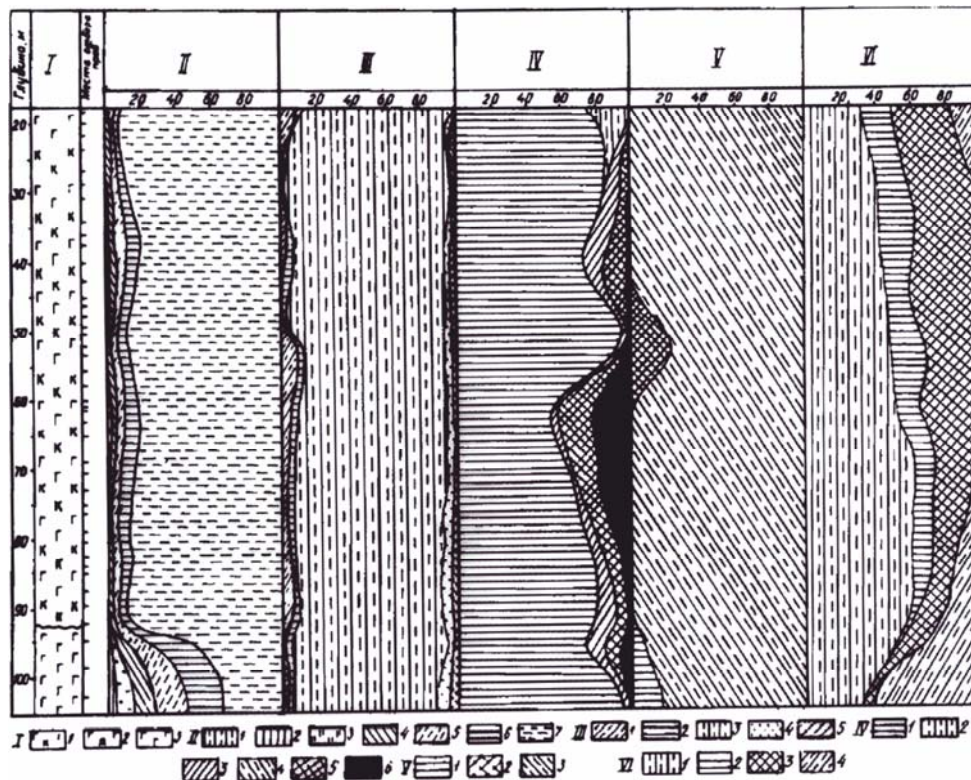


Рис. 4. Литологический разрез коры выветривания агломератовых туфов и туфобрекчий трубки Ан-49:

I – литологическая колонка: 1 – выветрелые породы; 2 – плотные туфы и туфобрекчии; II – гранулометрический состав, размер фракций, мм: 1 – 1,0–0,5; 2 – 0,50–0,25; 3 – 0,25–0,10; 4 – 0,10–0,05; 5 – 0,05–0,01; 6 – < 0,01; III – состав лёгкой фракции размером 0,10–0,05 мм: 1 – кварц; 2 – полевые шпаты; 3 – глинистые и глинисто-железистые агрегаты; 4 – обломки пород; 5 – прочие минералы; IV – первичные минералы тяжёлой фракции размером 0,10–0,05 мм: 1 – неизменённые рудные минералы (ильменит, магнетит); 2 – частично изменённые рудные минералы; 3 – группа эпидота; 4 – гранаты; 5 – циркон; V – аутигенные минералы тяжёлой фракции размером 0,10–0,05 мм: 1 – пирит; 2 – сидерит; 3 – гидроксиды железа; VI – состав фракции < 0,001 мм: 1 – хлорит; 2 – вермикулит и Mg-Fe³⁺-монтмориллонит; 3 – вермикулит-монтмориллонитовые смешаннослоистые образования; 4 – каолинит.

Для выяснения закономерностей преобразования *кимберлитов* и определения типоморфных особенностей продуктов их выветривания проведено [2, 5, 16, 19, 29–32] комплексное исследование профилей выветривания СП, Восточно-Европейской платформы (ВЕП) и Гвинеи. Для лёгких фракций КВ кимберлитовых пород характерно (рис. 5) постоянное наличие бледно-оливковых и желтовато-зелёных чешуек флогопита и продуктов его изменения (хлорита и вермикулита), обломков серпентина, а также глинисто-карбонатных агрегатов, состоящих преимущественно из смеси глинистых минералов, кальцита и доломита. В сильно химически переработанных продуктах выветривания кимберлитов увеличивается количество пирропа, корродированного по кубоидному типу [29–32].

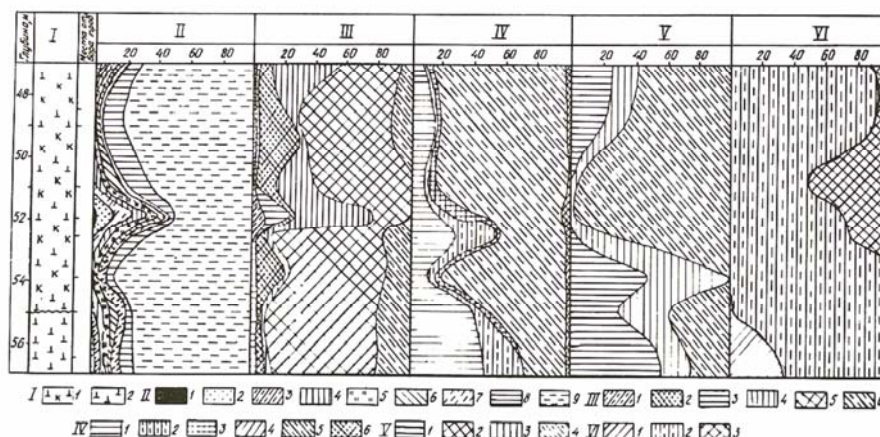


Рис. 5. Литологический разрез коры выветривания кимберлитов трубки Юбилейная, вскрытых разведочной скважиной 231:

I – литологическая колонка, кимберлиты: 1 – выветрелые, 2 – плотные; II – granulometricкий состав, размер фракций, мм: 1 – > 5,0; 2 – 5,0–2,0; 3 – 2,0–1,0; 4 – 1,0–0,5; 5 – 0,50–0,25; 6 – 0,25–0,10; 7 – 0,10–0,05; 8 – 0,05–0,01; 9 – < 0,01; III – состав лёгкой фракции размером 0,10–0,05 мм: 1 – кварц; 2 – полевые шпаты; 3 – слюды; 4 – кремнисто-глинисто-железистые агрегаты; 5 – карбонаты; 6 – глинисто-карбонатные образования; IV – первичные минералы тяжёлой фракции размером 0,10–0,05 мм: 1 – ильменит + магнетит; 2 – титанистые образования; 3 – очень неустойчивые минералы (амфиболы, пироксены, хлоритоид, слюдоподобные железённые образования); 4 – умеренно устойчивые минералы (апатит, группа эпидота); 5 – гранаты; 6 – другие весьма устойчивые минералы (турмалин, циркон, рутил, хромшпинелиды, титанит, кианит); V – аутигенные минералы тяжёлой фракции размером 0,10–0,05 мм: 1 – пирит; 2 – сидерит; 3 – кальцит; 4 – гидроксиды железа; VI – состав фракции < 0,001 мм: 1 – слюда и гидрослюда; 2 – монтмориллонит и монтмориллонит-гидрослюдистые смешаннослоистые образования; 3 – хлорит и вермикулит.

Нередки в КВ кимберлитов зёрна пироба с белесой рубашкой, столь характерной для древних россыпей района. И в плотных, и в выветрелых кимберлитах есть пиробы с келифитовой каймой. Зафиксировано различную степень изменения оливина (вплоть до полной серпентинизации), пироксенов, хромшпинелидов, пикроильменита – в зависимости от степени выветрелости кимберлитов. В глинистой фракции продуктов выветривания кимберлитов, кроме серпентина, хлорита и вермикулита, есть монтмориллонит, МГСО и гидрослюда (см. рис. 5). Судя по значению $b = 0,893$ нм, в октаэдрических сетках структуры разбухающих минералов содержатся в основном Fe^{3+} и Al. В нижних и средних частях КВ кимберлитов эта смешаннослоистая фаза имеет тенденцию к упорядоченному чередованию пакетов. К верхам профилей в ней появляются явные элементы разупорядочения структуры, в лабильных промежутках (как и в монтмориллоните), преобладают Mg и Ca.

Во фракции < 0,001 мм слабо изменённых кимберлитов (преимущественно зона дезинтеграции) серпентин представлен пластинчатой разновидностью, структура которой состоит из слоёв А и В [4, 7]. Минерал сохраняется вплоть до самых верхов профилей выветривания, где есть только политип А. Для частиц новообразованного политипа А вначале характерна округлая глобулярная форма (размер глобул – до 0,5 мкм). Глобулы образуются иногда на острых гранях других минералов. Они сочленяются в вытянутые червеподобные сростки длиной несколько микрометров. Вверх по разрезу

размер частиц новообразованного серпентина и его сростков обычно увеличивается. Отсюда следует, что морфология выделений серпентина в породах, не затронутых выветриванием, существенно отличается от таковой в продуктах гипергенного изменения кимберлитов и родственных им пород. Вектор выветривания кимберлитов на вариационной LM–OK-диаграмме [6, 14, 31] занимает промежуточное положение – между полем терригенно-карбонатных образований и пород основного состава, то есть в продуктах их выветривания с одинаковой вероятностью могут формироваться как оксиды, так и каолинит. Присущий кимберлитовой слюде политип 1M обуславливает (как менее устойчивый при выветривании) сравнительно более быстрое накопление в продуктах диоктаэдризации Al, чем выветривание слюды 2M₁ в терригенно-карбонатных породах.

Продолжительность периодов корообразования, происходящего в условиях тёплого влажного климата и относительно хорошего дренирования территории, существенно влияла на мощность элювиальных толщ и на количество алмазов, высвобождающихся из этих толщ во время их формирования либо непосредственно на кимберлитах, либо в продуктах их ближнего переотложения во вторичных коллекторах. Оценивая с таких позиций изложенные выше данные о древних КВ основных алмазоносных районов СП (как в целом, так и в наиболее богатых алмазами МБАР и ДААР), можно сделать вывод, что в D_3 – C_1 и T_{2-3} здесь были благоприятные условия для интенсивного корообразования. Об этом свидетельствуют, прежде всего, сохранившиеся от размывания мощные КВ с высокозрелыми верхними горизонтами. Непосредственно в КВ россыпи алмазов формировались только над кимберлитовыми трубками, что обусловило ограниченный размер россыпей [6, 14, 28]. На других породах россыпи не образуются, за исключением случаев, когда субстратом являются вторичные коллекторы алмазов (например, отложения PZ_3).

Поэтому важно выяснить условия размывания и переотложения продуктов КВ при накоплении отложений PZ_3 и MZ . Мы детально изучили их в пределах МБАР, где они широко развиты. Оказалось, что если эти отложения (в первую очередь грубообломочные горизонты) образовывались в условиях накопления делювиально-пролювиальных, пролювиально-аллювиальных и озёрных фаций (то есть за счёт преимущественно ближнего сноса местного материала), то вблизи кимберлитовых тел формировались россыпи алмазов. В случае обильного привнесения чуждого региону терригенного материала развивались аллювиальные фации, КВ на кимберлитах размывались, и обогащённые алмазами отложения выносились за пределы локальных участков, при этом происходило их сильное разубоживание за счёт “транзитного” неалмазоносного аллювия. В таких условиях образование алмазных россыпей практически невозможно. Переотложение продуктов выветривания вблизи областей денудации, накопление их в континентальных пресноводных водоёмах, небольшая мощность сформировавшихся осадочных толщ и незначительное их погружение обусловили слабое гидрохимическое воздействие среды на аллотигенные минералы и отсутствие наложенных на них процессов катагенетического преобразования. Поэтому глинистые минералы осадочных толщ PZ_3 и MZ , связанные, в основном, с процессами переотложения различных продуктов выветривания, определённым образом наследуют структурные и кристаллохимические особенности минералов из элювиальных толщ. Это даёт возможность использовать описанные типоморфные признаки однотипных минералов лёгкой, тяжёлой и глинистой фракций (как и геохимические особенности выветрелых пород) для идентификации в осадочных толщах продуктов, поступивших из разных источников сноса и связанных с гипергенными изменениями пород различного состава.

На протяжении *позднего палеозоя* в МБАР (северо-восточный борт ТС) унаследованное и некомпенсированное опускание отдельных участков территории привело к образованию ряда конседиментационных депрессий: Ахтарандинской (на западе), Улахан-Ботуобинской (охватывает нижнее течение р. Большая Ботуобия) и Кюеляхской (верховье р. Кюелях). Между этими депрессиями расположены участки, испытывавшие относительно замедленное опускание территории. Например, на западе района расположено Чернышевское поднятие, а в районе Улу-Тогинской петли р. Виллой – Улу-Тогинское. Всё это обусловило формирование в пределах поднятий и их склонов осадков, обогащённых местным, а в депрессиях – чуждым району материалом. Отметим, что в районе пока не обнаружены кимберлитовые трубки, перекрытые верхнепалеозойскими отложениями. Однако находки в базальных горизонтах упомянутых поднятий заметных концентраций алмазов и индикаторных минералов-спутников со специфическими свойствами дают основания предполагать наличие на этой территории пока не открытых коренных источников. В D_3-C_1 эти кимберлитовые диатремы подвергались эрозии, и высвободившийся вследствие выветривания кимберлитовый материал формировал россыпи различных генетических типов.

Главнейшими образованиями верхнего палеозоя МБАР, в формировании которых значительную роль играли КВ D_3-C_1 , были породы лапчанской (P_1l), ботуобинской (P_1bt) и боруллольской (P_2br) свит. Преобладание в базальных горизонтах *лапчанской свиты* крупнообломочного материала из местных источников (известковистые песчаники, доломиты и др.), полевошпатово-кварцевый (нередко до кварцевого) состав минералов лёгкой фракции, обеднённый комплекс минералов тяжёлой фракции (преобладают аутигенные) – всё это свидетельствует о преобладании в составе пород материала переотложенной КВ на терригенно-карбонатных породах. В нижних горизонтах разрезов, которые залегают непосредственно на КВ терригенно-карбонатных пород, обнаружены [6, 9, 11–14] максимальные концентрации каолинита и диоктаэдрической гидрослюды $2M_1$. Однако зафиксированы случаи, когда в пробах из нижних базальных горизонтов этих толщ такой гидрослюды нет вообще, что является доказательством неравномерного распределения выветрелого материала данного типа. Для пелитовой составляющей лапчанской свиты характерна также повышенная концентрация Mg-Fe-хлорита, который по структурно-морфологическим особенностям близок к хлориту из КВ терригенно-карбонатных пород. Если к этим данным добавить состав грубообломочного материала и минеральные парагенезисы различных фракций, то можно утверждать, что в период формирования осадков лапчанской свиты в них преобладали продукты переотложения КВ терригенно-карбонатных пород PZ_1 и кластических образований PZ_2 . Значительно меньшую роль играли выветрелые продукты основного и ультраосновного состава.

В грубообломочных породах *ботуобинской свиты* повышено (до 60 %) содержание гальки кварцитов. В базальных горизонтах обломочный материал отсортирован обычно плохо. Как и в лапчанской свите, в них нет чётких закономерностей в распределении главнейших минералов лёгкой, тяжёлой и глинистой фракций, что свидетельствует о неравномерном распределении здесь материала древних КВ. Основные порообразующие минералы свиты – кварц и полевые шпаты. Весьма типичны минералы группы эпидота, среди которых, в отличие от лапчанской свиты, преобладает эпидот. Отдельные прослои обогащены чешуйчатými выделениями биотита, лепидомелана, мусковита и хлорита. Для тяжёлой фракции характерно наличие в различной степени окатанных зёрен циркона, турмалина и апатита. В отличие от лапчанской свиты, в нижних гори-

зонтах ботуобинской увеличивается концентрация монтмориллонита, МГСО и вермикулит-монтмориллонитовых смешаннослоистых образований (ВМСО), что свидетельствует о возрастании в этих горизонтах роли продуктов выветривания пород основного и ультраосновного состава и уменьшении – терригенно-карбонатных. Это подтверждено и сравнительно меньшей концентрацией диоктаэдрической гидрослюда $2M_1$ и каолинита с относительно упорядоченной структурой. Нередко фиксируют достаточно высокое содержание каолинита по всему разрезу свиты, что связано с поступлением его из верхних горизонтов КВ на породах трапповой формации.

В грубообломочном материале *боруллойской свиты* несколько увеличивается содержание обломков кварца. Главное отличие пород этой свиты от нижележащих отложений *C-P* – обилие слюдистых минералов (биотит, мусковит, лепидомелан). Постоянно есть минералы группы эпидота. Выявлено различия в минеральном составе базальных горизонтов и всего разреза в целом. Например, в пробах из базального горизонта нет слюд и хлорита, а содержание ильменита, лейкоксена, иногда альмандина повышено. В пелитовой составляющей преобладают МГСО и ВМСО, а в проницаемых песчаниках и алевролитах пойменных и озёрно-болотных фаций – и каолинит; меньше гидрослюда и хлорита. Проведенные исследования дают основания для вывода, что в процессе формирования отложений доминирующее влияние оказали продукты выветривания основных пород *PZ₂*. Выветрелые толщи терригенно-карбонатных пород *PZ₁*, которые к тому времени уже были значительно перекрыты отложениями лапчанской и ботуобинской свит, играли подчинённую роль. Иногда в боруллойской свите находят примесь монтмориллонита и ассоциирующих с ним смешаннослоистых образований, что может быть связано с перемыванием и переотложением пород *C₂₋₃* и *P₁*.

В *мезозойское время* в пределах большей части МБАР (территориально совпадает с АВНМП) было две структурно-формационные зоны со специфическими особенностями строения, что наложило отпечаток на формирующиеся осадки. Материал древних КВ попадал в бассейны седиментации в период формирования здесь континентальных отложений иреляхской (*T₃-J_{1ir}*) и укугутской (*J_{1uk}*) свит, а также прибрежно-морских отложений плинсбахского (*J_{1p}*) и тоарского (*J_{1t}*) ярусов.

В *иреляхской свите* псефитовые породы представлены [3, 9–14, 17, 26, 28] гравелитами, конгломератами, брекчиями и рыхлыми галечно-щебёночными отложениями. В основании разреза они образуют линзы и прослои, а по разрезу находят только рассеянные гальки и гравий. Наибольшая мощность прослоев грубообломочных пород в нижней толще иреляхской свиты в пределах приосевой части АВНМП. Кластический материал до 80 % представлен тут хорошо окатанными обломками разнообразных пород (метаморфические, кислые, средние, щелочные интрузивные и эффузивные), чуждых району. Обломки местных пород (по-разному изменённые терригенно-карбонатные породы *PZ₁* и траппы) окатаны слабо. Широко распространены здесь псаммиты, представленные граувакковыми аркозами, полевошпатово-кварцевыми и кварцево-полевошпатовыми граувакками. Чисто алевритовые и глинистые породы в разрезах приосевой части прогиба сравнительно редки. И состав крупнообломочного материала, и данные пофракционных минералогических исследований свидетельствуют о незначительной концентрации здесь продуктов перемывания и переотложения древних КВ.

Для иреляхских отложений вдоль полосы АВНМП характерно развитие глин с прослоями тонкозернистых песков и алевритов. Более полные разрезы свиты сохранились тут в Иреляхской и Мачобинской депрессиях. Стратотипом иреляхских отложений этого района можно считать [3, 12–14, 17, 26] разрезы древней россыпи, расположенной

в локальной впадине на борту Иреляхской мезозойской депрессии. В нижних горизонтах свиты повышено содержание продуктов переотложения древних КВ. Обычно в таких участках увеличивается крупность песка и появляется примесь галечного и гравийного материала. Нередко в нижних частях разрезов встречаются глыбы и щебень различного выветрелых терригенно-карбонатных пород PZ_1 и концентрации пиропы и пикроильменита. Вверх по разрезу содержание выветрелого материала резко уменьшается. Неравномерно распределён и выветрелый материал кимберлитов. О различной дальности его переноса свидетельствуют различная морфология алмаза и его минераловспутников и наличие некоторых вторичных минералов, характерных для кимберлитов: Fe-Mg-хлорита, вермикулита и серпентина политипной модификации А [3, 6, 7, 14, 15, 17, 26]. Судя по структурно-морфологическим особенностям этих минералов и их приуроченности к иреляхским алмазоносным россыпям МБАР, сформированным вблизи от коренных месторождений, они испытали незначительный перенос.

В отличие от этого, в отложениях *укугутской свиты* концентрация продуктов переотложения древних КВ незначительная. Нижние горизонты свиты сложены довольно мощной толщей конгломератов, галечный материал которых представлен разнообразными изверженными, метаморфическими и осадочными породами, почти 90 % которых чужды для района. В депрессиях траппового плато (северо-западный борт прогиба) продуктов переотложения древних КВ больше, чем в центральной части прогиба, но значительно меньше, чем в иреляхских породах. В северо-западном борту прогиба развиты гравелиты, отличающиеся от иреляхских большей грубозернистостью и несколько иным составом обломков, среди которых нет пелитизированных эффузивных пород. В укугутских отложениях заметно больше гравийных зерен кварца, ортоклаза и микроклина. Довольно характерны песчаные образования. Появляются сильно хлоритизированные обломки эффузивных пород или туфов с реликтовой порфировой и кристалло-витрокластической структурой. Алевритовые и глинистые породы сравнительно редки, обычно залегают в виде отдельных прослоев в разных частях изученной территории. Иногда фиксируют тонкое переслаивание алевролитов, глин и мелкозернистых песчаных пород, а в алевритах – мелкие частицы хлоритизированных пород, которые по форме и структуре напоминают пелитизированные обломки, найденные в иреляхской свите, но отличаются от них интенсивным зеленым цветом и значительным содержанием хлорита.

В целом результаты комплексного изучения вещественного состава укугутских отложений свидетельствуют, что породы слабо обогащены продуктами переотложения КВ. Только в локальных депрессиях северо-западного борта прогиба, причём в случае непосредственного залегания их на КВ терригенно-карбонатных пород и траппов, в нижних горизонтах увеличивается концентрация аллотигенных глинистых минералов, связанных с выветриванием этих пород.

В отложениях *плинсбахского яруса* крупнообломочные породы распространены ограничено. Их состав менее разнообразен, чем в укугутской свите, и обычно тесно связан с составом местных пород. Довольно широко развиты псаммитовые образования аркозовой и граувакковой групп, что характерно и для аналогичных пород *тоарского яруса*. От аналогичных образований укугутской свиты отложения обоих ярусов отличаются более высоким содержанием литоидных обломков и, частично, их составом. Плинсбахские алевролиты нередко переслаиваются с песчаными породами, образуя алевропесчаный ритмолит. Они плохо сортированы, имеют полимиктовый состав и повышенную углистость. В них много хлоритизированных обломков слюд и самого хлорита.

Тоарские алевритовые породы отличаются значительной крупностью частиц, большей примесью глинистого вещества, полимиктовым составом и обилием скоплений хлорита и сидерита, а также заметно меньшим содержанием слюд и обломков неизменённых пород. В целом для отложений обоих ярусов не характерна высокая концентрация продуктов выветривания других пород, о чём свидетельствуют особенности вещественного состава этих толщ, в частности, незначительная примесь аллотигенных глинистых минералов. В период формирования этих отложений небольшую роль играли только продукты древних КВ основных пород, доказательством чего является наличие в пелитовой фракции аллотигенного монтмориллонита и смешаннослоистых образований, характерных для этого типа выветрелых пород.

Проведенные исследования дают основания для таких выводов. В позднедевонское–раннекаменноугольное и средне–позднетриасовое время в условиях тёплого и влажного климата активно развивались процессы корообразования, вследствие чего образовались соответствующие формации КВ. Исходные породы в древних КВ (за исключением терригенно-карбонатных) содержали ди- и триоктаэдрические минералы, в структуре которых есть трёх- и двухвалентные пороодообразующие катионы. Такой сложный, многокомпонентный состав пород обусловил замедленное преобразование первичного материала. Как следствие, формирование КВ зачастую приостанавливалось на начальных стадиях. Развитие неполных профилей выветривания вызвано, прежде всего, слабым выносом из первичных минералов двухвалентных катионов. Поэтому вновь возникающие фазы были диоктаэдрическими и нередко сохраняли смешанный набор структурных катионов.

Поскольку в продуктах выветривания преобладает пелитовая составляющая, то можно выделить такие важнейшие типоморфные признаки глинистых образований в изученных КВ: 1) повсеместное наличие диоктаэдрической гидрослюды $2M_1$ в КВ терригенно-карбонатных пород и её постоянная ассоциация в наиболее зрелых профилях с каолинитом, структура которого была более упорядоченной, чем у каолинита, образованного за счёт других пород; 2) постоянное наличие в разрезах КВ пород трапповой формации (долериты, туфы, туфогенные образования) ди- и триоктаэдрического монтмориллонита, неупорядоченного ВМСО, по-разному неупорядоченного каолинита, ассоциирующего в КВ туфогенных пород с галлузитом (при полном отсутствии в продуктах выветривания слюдоподобных минералов); 3) наличие в КВ кимберлитов поликатионного монтмориллонита, значительного количества триоктаэдрического хлорита (пакеты δ' и δ), серпентина (структурные типы А и В), интенсивно изменённого флогопита и связанной с ними гидрослюды 1М.

Определено, что в изученных КВ смешаннослоистым образованиям (в зависимости от природы исходных минералов, за счет которых они возникли) свойственны различные виды переслаивания пакетов и неодинаковый химический состав в одном и том же типе фаз, что является важным типоморфным признаком. В частности, ВМСО развиты в породах, где нет слюдоподобных минералов, а из трёхслойных разновидностей фиксируют в основном вермикулит. Соответственно, МГСО приурочены к породам, которые содержат минералы трёхслойного типа с калием в межслоевых промежутках, то есть типично слюдистого типа. По кристаллохимическим особенностям эта смешаннослоистая фаза в КВ кимберлитов существенно отличается от аналогичной в изменённых терригенно-карбонатных породах. Это связано с разной природой и разным составом исходного материала, из которого в кимберлитах формировалось МГСО, представленное продуктами диоктаэдризации флогопита и его дальнейшей дегградации. Это обусло-

вило присущий описуваным продуктам високий отрицательный межслоевой заряд, который наследуется от исходной слюдяной структуры. Такие особенности смешанно-слоистой фазы, характеризующейся специфической неоднородностью слагающих её пакетов, являются важным признаком продуктов выветривания кимберлитов.

Описанные различия между типами кор выветривания можно успешно использовать при совершенствовании методики поисковых работ на алмазы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афанасьев В. П.* Поисковая минералогия алмаза / В. П. Афанасьев, Н. Н. Зинчук, Н. П. Похиленко. – Новосибирск : Гео, 2010. – 650 с.
2. *Василенко В. Б.* Петрохимические модели алмазных месторождений Якутии / В. Б. Василенко, Н. Н. Зинчук, Л. Г. Кузнецова. – Новосибирск : Наука, 1997. – 574 с.
3. Вторичные минералы кимберлитов / Н. Н. Зинчук, А. Д. Харькив, Ю. М. Мельник, Н. П. Мовчан. – Киев : Наук. думка, 1987. – 282 с.
4. *Звягин Б. Б.* Электронография и структурная кристаллография глинистых минералов / Б. Б. Звягин. – М. : Недра, 1964. – 280 с.
5. *Зинчук Н. Н.* Сравнительная характеристика вещественного состава коры выветривания кимберлитовых пород Сибирской и Восточно-Европейской платформ / Н. Н. Зинчук // Геология и геофизика. – 1992. – № 7. – С. 99–109.
6. *Зинчук Н. Н.* Коры выветривания и вторичные изменения кимберлитов Сибирской платформы / Н. Н. Зинчук. – Новосибирск : НГУ, 1994. – 240 с.
7. *Зинчук Н. Н.* Постмагматические минералы кимберлитов / Н. Н. Зинчук. – М. : Недра, 2000. – 538 с.
8. *Зинчук Н. Н.* Средне-позднетриасовые коры выветривания северо-восточной части Ангаро-Вилуйского прогиба / Н. Н. Зинчук, Е. И. Борис // Советская геология. – 1980. – № 4. – С. 113–125.
9. *Зинчук Н. Н.* Доверхнепалеозойские коры выветривания восточного борта Тунгусской синеклизы / Н. Н. Зинчук, Е. И. Борис // Геология и геофизика. – 1981. – № 5. – С. 38–46.
10. *Зинчук Н. Н.* Обогащенность продуктами выветривания мезозойских отложений Ангаро-Вилуйского прогиба / Н. Н. Зинчук, Е. И. Борис // Советская геология. – 1981. – № 7. – С. 100–108.
11. *Зинчук Н. Н.* О концентрации продуктов переотложения кор выветривания в верхнепалеозойских осадочных толщах восточного борта Тунгусской синеклизы / Н. Н. Зинчук, Е. И. Борис // Геология и геофизика. – 1981. – № 8. – С. 22–29.
12. *Зинчук Н. Н.* Типоморфизм алмазов Сибирской платформы / Н. Н. Зинчук, В. И. Коптиль. – М. : Недра, 2003. – 603 с.
13. *Зинчук Н. Н.* Структурно-формационное и минерагеническое районирование территории развития погребенных кор выветривания и продуктов их переотложения в алмазоносных регионах / Н. Н. Зинчук, Е. И. Борис, Ю. Б. Стегницкий // Геология и геофизика. – 1998. – Т. 39, № 7. – С. 956–964.
14. *Зинчук Н. Н.* Древние коры выветривания и поиски алмазных месторождений / Н. Н. Зинчук, Д. Д. Котельников, Е. И. Борис. – М. : Недра, 1983. – 196 с.
15. *Казанский Ю. П.* Выветривание и его роль в осадконакоплении / Ю. П. Казанский. – М. : Наука, 1969. – 126 с.

16. Классификация кимберлитов и внутреннее строение кимберлитовых трубок / Б. М. Владимиров, С. И. Костровицкий, Л. В. Соловьева и др. – М. : Наука, 1981. – 136 с.
17. Коры выветривания бассейна р. Вилюй / Н. Н. Зинчук, В. И. Тараненко, Е. И. Борис и др. // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1978. – № 8. – С. 108–112.
18. Коры выветривания Сибири. Кн. 2. Формация кор выветривания Сибирской платформы / под ред. Ю. П. Казанского и В. П. Казаринова. – М. : Недра, 1979. – 249 с.
19. Милашев В. А. Парагенетические ассоциации вторичных породообразующих минералов в кимберлитовых породах / В. А. Милашев // Геохимия. – 1963. – № 6. – С. 557–564.
20. Михайлов Б. М. Рудоносные коры выветривания / Б. М. Михайлов. – Л. : Недра, 1986. – 238 с.
21. Орлов Ю. Л. Минералогия алмаза / Ю. Л. Орлов. – М. : Наука, 1984. – 264 с.
22. Павлов С. Ф. Верхний палеозой Тунгусского бассейна / С. Ф. Павлов. – Новосибирск : Наука, 1974. – 172 с.
23. Петров В. П. Основы учения о древних корах выветривания / В. П. Петров. – М. : Недра, 1967. – 343 с.
24. Петрография и минералогия кимберлитовых пород Якутии / А. П. Бобриевич, И. П. Илупин, И. Т. Козлов и др. – М. : Недра, 1964. – 192 с.
25. Рухин Л. Б. Основы литологии. Учение об осадочных породах / Л. Б. Рухин. – Л. : Недра, 1969. – 693 с.
26. Состав, условия формирования отложений иреляхской свиты / И. Н. Иванив, Н. Н. Зинчук, Е. И. Борис, В. А. Хмелевский // Советская геология. – 1977. – № 5. – С. 148–156.
27. Страхов Н. М. Основы теории литогенеза. Т. 1 / Н. М. Страхов. – М. : АН СССР, 1962. – 212 с.
28. Файнштейн Г. Х. Коры выветривания и их роль в россыпном рудообразовании осадочного чехла Сибирской платформы / Г. Х. Файнштейн // Рудоносные коры выветривания. – М. : Наука, 1974. – С. 271–277.
29. Харьков А. Д. Геолого-генетические основы шлихо-минералогического метода поисков алмазных месторождений / А. Д. Харьков, Н. Н. Зинчук, А. И. Крючков. – М. : Недра, 1995. – 348 с.
30. Харьков А. Д. Коренные месторождения алмазов Мира / А. Д. Харьков, Н. Н. Зинчук, А. И. Крючков. – М. : Недра, 1998. – 556 с.
31. Хитров В. Г. Закономерности изменения химического состава пород в зоне гипергенеза / В. Г. Хитров, Н. Н. Зинчук, Д. Д. Котельников // Гипергенез и рудообразование. – М. : Наука, 1988. – С. 15–28.
32. Шамшина Э. А. Коры выветривания кимберлитовых пород Якутии / Э. А. Шамшина. – Новосибирск : Наука, 1979. – 150 с.

Стаття: надійшла до редакції 11.12.2017
прийнята до друку 21.12.2018

Микола Зінчук

*Західноякутський науковий центр Академії наук РС(Я),
вул. Леніна, 4/1, Мирний, РФ, 678170,
nanzinchuk@rambler.ru*

**ПРИКЛАДНЕ ЗНАЧЕННЯ МІНЕРАЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ
ФОРМАЦІЇ ДАВНІХ КІР ЗВІТРЮВАННЯ**

Комплексні дослідження кір звітрювання D_3-C_1 і T_{2-3} на різних породах (теригенно-карбонатні утворення, долерити, туфи, туфогенні породи, кімберліти) засвідчують, що за умов теплої й вологої клімату утворились відповідні формації кір звітрювання. Багатоконпонентний склад вихідних порід зумовив під час короутворення уповільнене перетворення первинного матеріалу, унаслідок чого формування кір звітрювання призупинилось головню на початкових стадіях. Розвиток неповних профілів звітрювання зумовлений, передусім, слабким винесенням дивалентних катіонів з первинних мінералів. Фази, що знову з'являлися, – діоктаедричні; вони нерідко зберігають змішаний склад структурних катіонів. Виявлені типоморфні відмінності у складі кожного типу кори звітрювання можна успішно використовувати під час удосконалення методики розшукових робіт на алмази.

Ключові слова: кора звітрювання, теригенно-карбонатні породи, долерити, туфи, туфогенні утворення, кімберліти, розшукові роботи, алмаз, Сибірська платформа.

Nikolai Zinchuk

*West-Yakut Scientific Centre of the Sakha (Yakutia) Republic Academy of Sciences,
4/1, Lenin St., Mirnyi, Russia, 678170,
nanzinchuk@rambler.ru*

**APPLIED SIGNIFICANCE OF THE MINERALOGICAL FEATURES
OF THE ANCIENT CRUSTS OF WEATHERING FORMATION**

Comprehensive studies of the crusts of weathering (D_3-C_1 and T_{2-3}) on various rocks of the Siberian platform (terrigenous-carbonate rocks, dolerites, tuffs, tufogene rocks, kimberlites) indicate that the corresponding crusts of weathering have been formed in a warm and humid climate. The original rocks in the ancient crusts of weathering (except terrigenous-carbonate) contained di- and trioctahedral minerals, in the structure of which there are tri- and divalent rock-forming cations. Such a complex, multicomponent composition of rocks led to a slow-moving transformation of the primary material. As a result, the formation of the crusts of weathering has been often suspended in the initial stages. The development of incomplete weathering profiles has been caused primarily by the weak subtraction of divalent cations from the primary minerals. Therefore, the newly emerging phases were dioctahedral and often retained a mixed set of structural cations.

The most important typomorphic features of clay rocks in the studied crusts of weathering were identified: (1) the widespread presence of dioctahedral hydromica $2M_1$ in the crust of terrigenous-carbonate rocks, as well as its permanent association in the most mature profiles with kaolinite (its structure was more orderly than that of kaolinite formed by other rocks); (2) the constant presence in trap formation crusts of weathering (dolerites, tuffs, tufogene rocks) of di- and trioctahedral montmorillonite, disordered vermiculite-montmorillonite mixed-layer forma-

tion and differently disordered kaolinite, which associates in the tufogene rocks crusts of weathering with halloysite (with the complete absence of mica-like minerals in weathering products); (3) the presence in kimberlites crusts of weathering of polycationic montmorillonite, a significant amount of trioctahedral chlorite (δ' - and δ -packets), serpentine (structural types A and B), intensively modified phlogopite and the associated 1M-hydromica.

In the studied crusts of weathering, mixed-layered formations (depending on the nature of the source minerals, due to which they have been formed) have different types of packet interbedding and unequal chemical composition in the same type of phases, which is an important polymorphic feature.

The described differences between the types of crusts of weathering can be successfully used in improving the diamond prospecting technique.

Key words: crust of weathering, terrigenous carbonate rocks, dolerites, tuffs, tufogene rocks, kimberlites, prospecting, diamond, Siberian platform.

УДК 549.322:553.632:550.4(470.53)

Дарія Сидор¹, Анатолій Галамай¹, Фанвей Менг²

¹Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України,
вул. Наукова, 3а, Львів, Україна, 79060,
galamaytolik@ukr.net

²Нанкінський інститут геології і палеонтології Китайської АН,
mengfanwei2004@hotmail.com

ПІРОТИНОВА МІНЕРАЛІЗАЦІЯ У ГАЛОГЕННИХ ВІДКЛАДАХ ВЕРХНЬОКАМСЬКОГО РОДОВИЩА КАЛІЙНО-МАГНІЄВИХ СОЛЕЙ (ТЕРМОБАРОГЕОХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ)

Досліджено включення в галіті Верхньокамського родовища калійно-магнієвих солей (Північний Урал), взірці якого відібрано з зони піротинового зруденіння та інших ділянок. Виконано понад 80 визначень температури гомогенізації включень з кристаликами-в'язнями силвіну й карналіту; вивчено склад газів у вторинних багатофазових включеннях у галіті та хімічний склад розсолів цих включень. Зроблено висновок, що піротинове зруденіння не пов'язане з глибинними високотемпературними гідротермальними розсолами. Його формування зумовлене збігом низки чинників: аномально низькою концентрацією сірки в похованих седиментаційних розсолах; карбонатизацією гіпсоангідритів; підвищеним умістом у породах органічної речовини; вивільненням значної кількості заліза під час перекристалізації калійних порід у зонах заміщення/збіднення родовища.

Ключові слова: піротин, галогенні відклади, галіт, включення мінералоутворювального середовища, температура гомогенізації, Верхньокамське родовище калійно-магнієвих солей, Північний Урал.

Вступ. Післяседиментаційні процеси в межах родовищ калійних солей зумовлюють суттєві зміни петрографічного, мінералогічного та хімічного складу соляних відкладів. На Верхньокамському родовищі калійно-магнієвих солей (Верхньокамський солоний басейн, Північний Урал) значно поширені процеси галітизації силвінітів і карналітових порід, силвінітизації карналітів, піротинізації соляних мінералів і порід. Умови перетворення первинних мінералів та появи накладеної рудної мінералізації в межах родовищ калійних солей досі остаточно не з'ясовано.

Піротинова мінералізація Верхньокамського родовища – явище унікальне, не відоме в інших калійних басейнах світу. Тут зону стратиформної піротинізації в шарі А–Б простежено за простяганням до 2 км. Виявлено рудні тіла з умістом піротину понад 70 % (“ядра зруденіння”) [13] та ділянки розсіяної мінералізації. Піротин представлений гексагональною й моноклінною модифікаціями [12]. Відомо, що гексагональний піротин $Fe_{1-x}S$ формується за порівняно високої температури (350 °C і вище) [19], а моноклінний

Fe_7S_8 – за 80–138 °С [20, 21]. Тому можна припустити, що післяседиментаційне мінералоутворення в соляній товщі відбувалося за досить широкого температурного інтервалу. Проте дослідження А. Бетехтіна [1] засвідчили, що піротин не завжди є високотемпературним мінералом, здебільшого його утворення залежить не стільки від температури, скільки від концентрації йонів сірки в розчинах. За високої концентрації сульфату кристалізується пірит FeS_2 , за зниженої – піротин FeS .

Природу піротинової мінералізації на Верхньокамському родовищі остаточно не з'ясовано. Щоб заповнити цю прогалину, ми виконали термометричні дослідження вторинних багатофазових включень у галіті однієї з піротинових зон та з ділянок за її межами. Крім того, для виявлення особливостей формування соляної товщі вивчено склад газів у вторинних включеннях у галіті та хімічний склад розсолів цих включень.

Геологічна ситуація. Верхньокамське родовище калійно-магнієвих солей приурочене до центральної частини Солікамської западини Передуральського прогину (рис. 1). Соленосні утворення западини належать до кунгурського ярусу P_1 . Калійну зону, яку підстилає товща кам'яної солі потужністю до 400 м, розділено на два горизонти: нижній – сільвінітовий і верхній – сільвініт-карналітовий. Сільвінітовий горизонт має потужність 21 м і представлений чотирма шарами сільвініту (знизу догори): Красний (Кр) III, Кр II, Кр I, А. Сільвініт-карналітова пачка середньої потужності 70 м складена перешаруванням калійно-магнієвих солей та кам'яної солі. У ній виділено дев'ять основних калійно-магнієвих шарів (знизу догори): Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, И, К. Вони складені карналітом, строкатим сільвінітом або “змішаними” породами.

Сучасний структурний план родовища зумовлений складчастими структурами (флексурні, поперечного й поздовжнього згину) і розривними порушеннями (регіональні й локальні насуви, горизонтальні зсуви), які сформувалися внаслідок субгоризонтального однобічного тиску з боку Уралу.

Характеристика взірців і включень у галіті. На Верхньокамському родовищі піротинізації зазнали сільвініти шару А, подекуди ця зона поширюється з шару А в шар Б, а за межами шару Б її вже нема.

Ми досліджували піротинову зону на межі шарів А (смугасти сільвініт) і Б (строкатий сільвініт) у шахтному полі СКПРУ-3 (панель 6, блок 7, камери 16 і 18). Відібрано два взірці з камери 18 (1/Ка, 2/Ка) (рис. 2) і один – з камери 16 (3/Ка). Взірці 1/Ка і 3/Ка представлені гігантокристалічним сільвінітом, забарвленим у темно-бурий колір завдяки піротинізації; фактично це піротинова руда. У породі є гнізда білого сільвіну й прозорого галіту розміром до декількох сантиметрів.

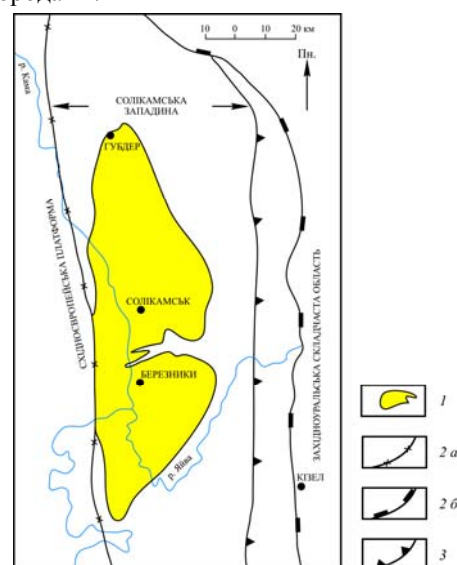


Рис. 1. Схема розташування Верхньокамського родовища [12] (спрощена):

1 – площа поширення калійно-магнієвих солей; 2 – межа Передуральського прогину зі Східноєвропейською платформою (а) та Західноуральською складчастою областю (б); 3 – межа між Внутрішньою і Зовнішньою зонами Передуральського прогину.

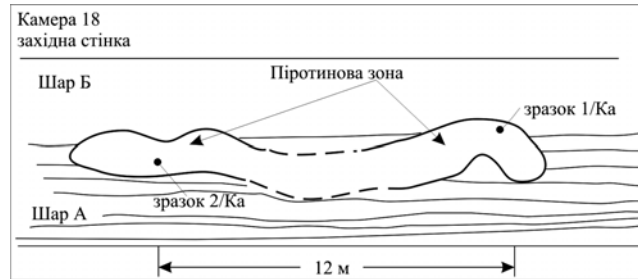
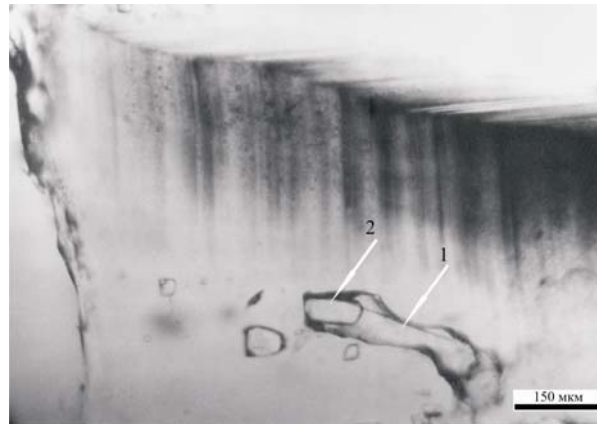


Рис. 2. Схема опробування піротинової зони.

Взірець 2/Ка – це кам'яна сіль, яка збереглася серед піротинової руди. Порода містить седиментаційні релікти і вкраплення червоного сильвіну з незначною домішкою піротину.

У галіті піротинової зони виявлено різноманітні включення: первинні однофазові рідкі у седиментаційних реліктах (2/Ка) та багатофазові вторинні у перекристалізованому галіті всіх відібраних взірців. Вторинні включення порівняно великі (до 1 мм); крім розсолу, вони містять кристалики-в'язні сильвіну чи карналіту (рис. 3), іноді – мікрокраплини вуглеводнів (рис. 4). У дво- і трифазових включеннях кристалик-в'язень представлений головно карналітом, сильвін трапляється зрідка.

Рис. 3. Двофазове вторинне включення на периферії седиментаційного релікту галіту (2/Ка):
1 – розсіл; 2 – кристалик-в'язень карналіту.

З незаміщених шарів поза межами піротинової зони відібрано чотири взірці: 4/Ка (БКЗ-4, виробка 15, шар Кр II) – кам'яна сіль з нижньої незаміщеної частини шару на межі з заміщеною частиною; 5/Ка (БКЗ-4, виробка 15, шар Кр II) – подібна кам'яна сіль з нижньої частини шару в місці розвитку складчастих дислокацій; 6/Ка (БКЗ-4, виробка 15, шар Кр II) – кам'яна сіль з верхньої незаміщеної частини шару; 7/Ка (БКЗ-3, св. 143-Г, гл. 333 м, покрівля водозахисної товщі) – крупнозерниста кам'яна сіль.

У галіті навколорудної зони кристалик-в'язень у рідких вторинних включеннях (4/Ка, 5/Ка, 6/Ка) представлений винятково сильвіном. Мікрокраплинки вуглеводнів наявні в окремих включеннях усіх взірців. Первинні та вторинні включення у галіті взірця 7/Ка однофазові рідкі.

Методи дослідження. Фізико-хімічні умови формування солей ми досліджували ультрамікрохімічним і термометричним методами, що їх розробили О. Петриченко та В. Ковалевич [8, 11].

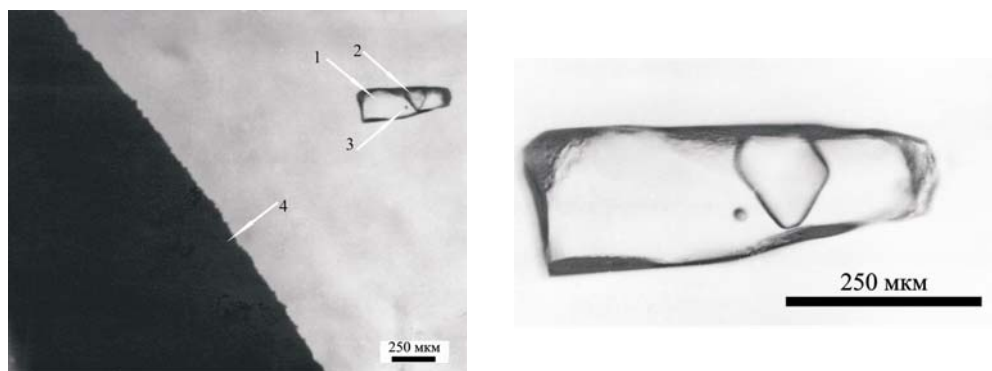


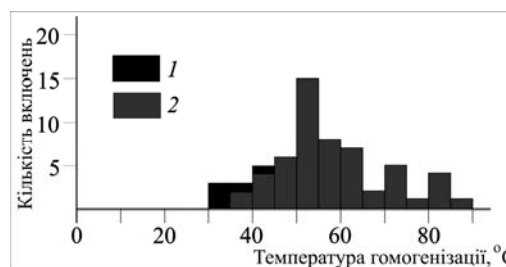
Рис. 4. Трифазове включення в галіті біля піротинової “трубочки” (взірець 1/Ка):
1 – розсіл; 2 – кристалик-в’язень карналіту; 3 – мікрокраплина вуглеводнів; 4 – піротинова “трубочка”.

Склад розчинених газів у рідких включеннях у галіті визначено мас-спектрометричним методом на мас-спектрометрі МХ-1303 (аналітик – О. Яринич, ІГГК НАН України). Аналізи виконано за спеціально розробленою методикою [6].

Вміст елементів-домішок у піротині досліджували лазерним мікроспектральним методом на приладі ЛМА-10 (аналітик – Л. Дручок, ІГГК НАН України).

Отримані результати та їхня інтерпретація. Визначено, що середнє значення температури гомогенізації ($T_{\text{гом}}$) вторинних включень у галіті зони піротинізації становить $55,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ за варіацій від 30 до $88\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 5). Для 60% включень зафіксовано температурний інтервал гомогенізації $45\text{--}65\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Рис. 5. Температура гомогенізації включень ($n = 60$) з кристаликами-в’язнями сільвіну (1) і карналіту (2) у перекристалізованому галіті зони піротинової мінералізації.



Гомогенізація включень з кристаликом-в’язнем сільвіну відбувалась за нижчої температури ($30\text{--}43\text{ }^{\circ}\text{C}$, середнє значення – $34,6\text{ }^{\circ}\text{C}$), ніж з кристаликом-в’язнем карналіту ($36\text{--}88\text{ }^{\circ}\text{C}$, середнє – $57,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) (табл. 1). Значення $T_{\text{гом}}$ вторинних включень у галіті поза межами піротинової зони (незаміщена зона шару Кр II) близькі до включень у галіті піротинової зони (див. табл. 1), а середні значення близькі між собою незалежно від місця відбирання взірця. Під час попередніх досліджень ми з’ясували [16], що перекристалізація калійної товщі родовища загалом відбувалась за подібних температурних умов ($30\text{--}92\text{ }^{\circ}\text{C}$, середнє – $53\text{ }^{\circ}\text{C}$). Значна варіація значень $T_{\text{гом}}$ включень свідчить про те, що процес перекристалізації солей відбувався в широкому температурному інтервалі.

Мікроскопічне вивчення проб галіту, відібраних для мас-спектрометричного аналізу, засвідчило, що мікрровключені гази перебувають у розчиненому стані в розсолах вторинних включень. У всіх пробах у складі газів переважає азот; у меншій кількості наявні CH_4 , CO_2 і H_2 (табл. 2). У пробах з піротинової зони виявлено дещо вищий вміст метану і підвищену газонасиченість (див. табл. 2).

Таблиця 1

Температура гомогенізації вторинних включень у галіті

Номер взірця	Кристалік-в'язень у включеннях	Температура гомогенізації, °С	
		Температурний інтервал (кількість вимірювань)	Середнє значення
Піротинова зона			
1/Ка	Карналіт	40–74 (6)	49,0
2/Ка	Те саме	38–88 (45)	58,0
3/Ка	Сильвін і карналіт	30–60 (9)	40,0
Поза межами піротинової зони			
4/Ка	Сильвін	42–66 (5)	52,8
5/Ка		36–92 (9)	65,1
6/Ка		38–82 (12)	55,6

Таблиця 2

Характеристика газів у вторинних включеннях у галіті

Номер проби	Хімічний склад газів, об. %				Відносна газонасиченість
	CH_4	N_2	CO_2	H_2	
1/Ка	9,9	79,3	3,5	7,3	Середня
2/Ка	13,6	68,2	0	18,3	Значна
3/Ка	11,1	70,4	3,7	14,8	Значна
4/Ка	8,2	73,3	6,4	12,1	Середня
5/Ка	2,2	86,8	0,2	10,8	Незначна
6/Ка	3,5	80,8	9,6	6,1	Середня
7/Ка	5,1	77,0	7,9	10,0	Середня

За хімічним складом розсоли включень у галіті піротинової зони близькі до седиментаційних розсолів родовища [16]. Їм притаманний стабільно високий вміст магнію (табл. 3), що характерно для розсолів карналітової частини калієносною товщі. Саме тому зафіксовано невідповідність складу твердої фази (карналіт) у включеннях у галіті складу вмісних порід (сильвін), що свідчить про формування строкатих сильвінітів завдяки заміщенню карналітових порід.

У розсолах окремих включень у галіті піротинової зони виявлено суттєвий вміст кальцію, а це можливо в разі суттєвої метаморфізації похованих седиментаційних розсолів та їхньої часткової міграції. Зазначимо, що розсоли вторинних включень соленосних товщ відрізняються від седиментаційних значним коливанням вмісту йонів навіть у межах одного взірця [3, 23], тому в табл. 3 наведено не середні значення йонів, а межі їхніх коливань.

Під час мінералого-петрографічних досліджень, що їх раніше виконала Л. Архіпова, визначено структурні особливості піротинових утворень рудної зони. Зокрема, виділено такі морфологічні різновиди піротинової зони, як афанітовий, дрібноагрегатний та ідіоморфно-кристалічний.

Таблиця 3

Хімічний склад розсолів у вторинних включеннях у галіті

Номер взірця	Вміст іонів, г/л			
	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	(SO ₄) ²⁻
1/Ка	26,0–40,0	95,5–105,0	Сліди–2,5	Не виявлено
2/Ка	18,5–21,5	79,5–120,5	Не виявлено	
3/Ка	20,5–36,5	57,5–101,5	Сліди–7,0	
4/Ка	19,0–25,0	85,5–110,0	Сліди	
5/Ка	31,7–41,2	26,0–61,2	Те саме	
6/Ка	45,7–49,1	36,1–76,5	Не виявлено	
7/Ка	2,0–5,6	47,7–61,2	Те саме	

Структурні особливості піротинових утворень, виявлені в прозорих і полірованих шліфах, свідчать про відкладання піротину внаслідок розкristалізації колоїдів (гелів). Крім того, ми відшукали голкоподібні трубчасті піротинові утворення, які спрямовані всередину галітових кристалів, а основою закріплені у піротиновій масі довкола кристалів, а також “трубочки” піротину, розташовані паралельно до діагоналі куба (рис. 6). Паралельне розташування трубочок зумовлене анізотропним характером заміщення в галіті, оскільки ці закономірно орієнтовані напрями найбільш проникні для рудоносних розчинів. У поперечному перерізі трубочки мають шарувату будову.

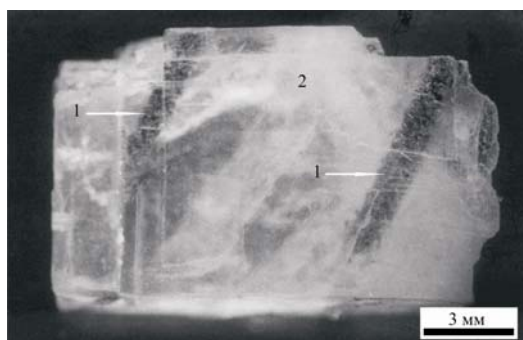


Рис. 6. Трубчасті утворення піротину (1) у кристалі галіту (2), орієнтовані вздовж діагоналі куба (взірець 1/ Ка).

За особливостями розташування піротинових утворень у вмісних соляних мінералах та характером виділень піротину сульфідні рудопрояви в галогенних відкладах трактовано як продукт розкristалізації гелю, розчиненого в мінералізованих похованих седиментаційних розсолах. Про відсутність зв'язку цієї мінералізації з глибинними розломами свідчать дані лазерного мікроспектрального аналізу: вміст більшості елементів-домішок у піротині рудної зони (Ni, Co, Ti, Mn, Pb, Zn, Ag, Sn, As) нижчий від чутливості аналізу, вміст Cu – сліди.

Обговорення результатів. Оскільки ми з'ясували, що піротинове зруденіння на Верхньокамському родовищі калійно-магнієвих солей не пов'язане з глибинними гідротермальними розсолами, то постає питання щодо джерел сірки й заліза для утворення піротину.

Виявлено [4], що на родовищі поза зонами заміщення/збіднення (3/3) червоне й червоно-буре забарвлення сильвіну і карналіту зумовлене наявністю тонкодисперсного

окисного заліза. У разі заміщення сильвіну й карналіту іншими солями (карналітові породи → строкаті сильвініти, червоні сильвініти → кам'яна сіль) червоний пігмент у новоутворених солях зникає [2, 7], що зафіксовано на багатьох калійних родовищах [5, 22]. Це зумовлено очищувальною перекристалізацією калійних мінералів. Окисне залізо з них вивільняється й переміщується у глинисті та галопелітові прошарки, тому сіре забарвлення глинистого матеріалу змінюється на червоне й коричневе в зонах 3/3 та у відкладах, які перекривають заміщені калійні породи. Зафіксовано також “почервоніння” порід, які перекривають зони 3/3 [18], однак таке явище на родовищі виняткове. Еволюцію заліза на післяседиментаційній стадії в соленосних відкладах Верхньокамського родовища детально простежено у шарі Кр II [9, 10, 14, 15]: концентрація на периферії зерен → концентрація в тріщинах і міжзернових порожнинах → винесення й превідкладення → піротинізація порід.

Оскільки поховані седиментаційні розсоли взагалі не містять SO_4^{2-} або містять його в незначній кількості, то можливим джерелом відновних форм сірки для появи піротину були гіпсоангідритові породи. Під час їхньої карбонатизації під дією органічної речовини відбувались редукція сульфат-іона та утворення сірководню. Подальша взаємодія сірководню з оксидами заліза приводила до формування сульфідів [17].

Отже, поширення унікальної низькотемпературної піротинової мінералізації в галогенних відкладах Верхньокамського родовища зумовлене збігом низки таких чинників: аномально низька концентрація сірки в похованих седиментаційних розсолах; карбонатизація гіпсоангідритів; збагаченість порід органічною речовиною; вивільнення значної кількості заліза під час перекристалізації калійних порід у зонах заміщення/збіднення родовища.

Висновки. У перекристалізованому галіті піротинової зони Верхньокамського родовища виявлено багатофазові включення, за якими можна визначати фізико-хімічні параметри мінералоутворювального середовища в процесі формування цієї зони. Виявлено, що середнє значення температури перекристалізації солей у піротинівій зоні становить $55,3\text{ }^\circ\text{C}$ за варіації значень від 30 до $88\text{ }^\circ\text{C}$. Така температура була характерна для післяседиментаційних перетворень у калійних відкладах усього родовища. Склад газів під час формування піротинової зони та перекристалізації калійних солей інших ділянок родовища був ідентичний, проте в піротинівій зоні у включеннях у галіті зафіксовано підвищений вміст метану й більшу газонасиченість. Розчинам вторинних включень у галіті піротинової зони притаманний високий вміст магнію, що характерно для розсолів карналітової частини калієносною товщі. Це підтверджено невідповідністю складу твердої фази (карналіт) у включеннях у галіті складу вмісних порід (сильвін) і свідчить про формування строкатих сильвінітів завдяки заміщенню карналітових порід. У розсолах окремих включень у галіті піротинової зони виявлено значний вміст кальцію, що можливе за суттєвої метаморфізації похованих седиментаційних розсолів та їхньої часткової міграції. На підставі даних про розташування піротинових утворень у вмісних соляних мінералах, їхні структурні особливості та відсутність у піротині елементів-домішок зроблено висновок, що сульфідні рудопрояви в галогенних відкладах є продуктом розкристалізації гелю, розчиненого в мінералізованих похованих седиментаційних розсолах, які циркулювали по субгоризонтальних і субвертикальних тріщинах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Бетехтин А. Г.* Курс минералогии / А. Г. Бетехтин. – М. : КДУ, 2007. – 721 с.
2. *Вахрамеева В. А.* О генезисе пестрых сильвинитов Верхнекамского месторождения / В. А. Вахрамеева // Тр. ВНИИГ. – 1954. – Вып. 29. – С. 129–142.
3. *Галамай А. Р.* Фізико-хімічні умови осадження та постседиментаційної перекристалізації баденських солей українського Передкарпаття на ділянці Гринівка (за рідкими включеннями у галіті) / А. Р. Галамай // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2010. – № 2. – С. 64–77.
4. *Дубинина В. Н.* К минералогии и петрографии Верхнекамского месторождения / В. Н. Дубинина // Тр. ВНИИГ. – 1954. – Вып. 29. – С. 3–128.
5. Изменение окраски галопелитов в зонах замещения, связанных с тектоническими нарушениями Старобинского месторождения // Калийная промышленность : реферативный сб. – М. : НИИТЭХИМ, 1977. – Вып. 4. – С. 6–8.
6. *Калюжный В. А.* Состав газа флюидных включений и вопросы обнаружения водорода в них / В. А. Калюжный, И. М. Сворень, Э. Л. Платонова // Докл. АН СССР. – 1974. – Т. 219, № 4. – С. 973–975.
7. *Киселева О. В.* Расчленение соляно-мергельной толщи Верхнекамского месторождения в зонах гипергенеза / О. В. Киселева // Сов. геология. – 1987. – № 8. – С. 87–90.
8. *Ковалевич В. М.* Физико-химические условия формирования солей Стебникского калийного месторождения / В. М. Ковалевич. – Киев : Наук. думка, 1978. – 100 с.
9. *Павленский А. Н.* Зоны разубоживания промышленных пластов калийных пород Верхнекамского месторождения: их природа и связь с сильвинитизацией карналлитов / А. Н. Павленский, М. С. Рогова // Тектоника, минералообразование и их значение в решении проблемы безопасной эксплуатации месторождений калийных солей. – СПб. : ВНИИГ, 1992. – С. 99–115.
10. *Павленский А. Н.* О парагенетической связи процессов разубоживания калийно-магниевых солей и сильвинитизации карналлитов на Верхнекамском месторождении / А. Н. Павленский, М. С. Рогова // 5 Междунар. Всерос. солевое совещ. : тез. докл. – СПб. : РАН, 1994. – С. 91.
11. *Петриченко О. Й.* Методи дослідження включень у мінералах галогенних порід / О. Й. Петриченко. – К. : Наук. думка, 1973. – 91 с.
12. Петротектонические основы безопасной эксплуатации Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей / [под ред. Н. М. Джиноридзе]. – СПб. ; Соликамск : ОГУП Соликамск типография, 2000. – 400 с.
13. Природа пирротиновой минерализации в сильвинитах пласта АБ Верхнекамского месторождения калийных солей / Н. М. Джиноридзе, В. М. Ковалевич, Ю. В. Мынка и др. // 5 Междунар. Всерос. солевое совещ. : тез. докл. – СПб. : РАН, 1994. – С. 41.
14. *Протопопов А. Л.* Некоторые особенности постседиментационных преобразований калиеносных пород (на примере Верхнекамского и Старобинского месторождений) / А. Л. Протопопов, Е. В. Петров // Основные проблемы соленакопления. – Новосибирск : Наука, 1981. – С. 59–72.
15. *Протопопов А. Л.* О двух путях образования гипергенных сильвинитов на Верхнекамском месторождении калийных солей / А. Л. Протопопов, М. С. Рогова,

- Н. М. Джиноридзе // 5 Междунар. Всерос. солевое совещ. : тез. докл. – СПб. : РАН, 1994. – С. 109.
16. Сидор Д. В. Фізико-хімічні умови формування покладів калійних солей пермських галогенних відкладів Східноєвропейської платформи (на прикладі Верхньокамського родовища) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геол. наук / Дарія Василівна Сидор. – Львів, 2002. – 19 с.
 17. Сребродольский Б. И. Стадии метасоматического преобразования гипсо-ангидритов / Б. И. Сребродольский // Докл. АН СССР. – 1977. – Т. 232, № 2. – С. 440–442.
 18. Филипов С. А. Зоны замещения в продуктивных пластах Верхнекамского месторождения / С. А. Филипов, Р. П. Наймушина // Сов. геология. – 1988. – № 9. – С. 21–27.
 19. Хэтч Ф. Петрография магматических пород / Ф. Хэтч, А. Уэллс, М. Уэллс. – М. : Мир, 1975. – 511 с.
 20. Якубовская Н. Ю. Пирротин / Н. Ю. Якубовская // Горная энциклопедия. – М. : Сов. энциклопедия, 1989. – Т. 4. – С. 103.
 21. Die mineralischen Eisensulfide / E. T. Allen, J. L. Crenshaw, John Johnston, Esper S. Larsen // Zeitschrift für anorganische Chemie. – 1912. – Bd. 76, Nr. 1. – S. 201–273.
 22. Linn K. O. Barren halite zones in potash deposits at Carlsbad, New Mexico / K. O. Linn, S. S. Adams // Second Symp. on Salt. – 1966. – Vol. 1. – P. 59–69.
 23. Ordovician seawater composition: evidence from fluid inclusions in halite / Fanwei Meng, Yongsheng Zhang, Anatoliy R. Galamay et al. // Geological Quarterly. – 2018. – Vol. 62, N 2. – P. 344–352.

*Стаття: надійшла до редакції 05.10.2018
прийнята до друку 21.12.2018*

Dariia Sydor¹, Anatolii Halamai¹, Fanwei Meng²

¹*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NASU,
3a, Naukova St., Lviv, Ukraine, 79060,
galamaytolik@ukr.net*

²*Nanjing Institute of Geology and Paleontology of the Chinese Academy of Sciences,
39, East Beijing Road, Nanjing, China, 210008,
mengfanwei2004@hotmail.com*

PYRRHOTITE MINERALIZATION IN HALOGENIC ROCKS OF THE VERKHNIOKAMSKE POTASSIUM-MAGNESIUM SALTS DEPOSIT (THERMOBARGEOCHEMICAL RESEARCHES)

Pyrrhotite mineralization of Verkhniokamske potassium-magnesium salts deposit is unique, not known in other potassium deposits of the world.

The zone of stratiform pyrrhotitization is traced along the strike of up to 2 km. The ore bodies with contents of pyrrhotite more than 70 % (“ore core”) and areas of scattered mineralization are revealed. Pyrrhotite is represented by hexagonal and monoclinic modifications.

In the recrystallized halite of the pyrrhotite zone, multiphase inclusions have been identified, which can determine the physical and chemical parameters of the mineral-forming medium during the formation of this zone. It was found that the average value of the temperature of salts re-

crystallization in the pyrrhotite zone is 55.3 °C at a variation of values from 30 to 88 °C. Such temperature was typical for post-sedimentation transformations in potassium rocks of the entire deposit. The composition of gases during the pyrrhotite zone formation and other potassium salts recrystallization was identical, but in the pyrrhotite zone, high content of methane and higher gas saturation in the inclusion of halite were recorded.

Solutions of secondary inclusions in the halite from the pyrrhotite zone are characterized by a high content of magnesium, which is typical for brines of the carnallite part of the potassium strata. This is confirmed by the discrepancy of the solid phase composition (carnallite) in the inclusions in halite and the composition of the host rocks (sylvite), and indicates the formation of motley sylvinites due to the replacement of carnallite rocks.

Significant calcium content has been found in the brines of certain inclusions in halite of the pyrrhotite zone, which is possible due to the significant metamorphization of buried sedimentation brines and their partial migration.

Based on the data on the location of pyrrhotite formations in the host salt minerals, their structural features and the absence of admixture elements in pyrrhotite, we concluded that the sulphide ore manifestations in the halogen deposits are the product of gel recrystallization; this gel was dissolved in mineralized buried sedimentation brines that circulated through sub-horizontal and sub-vertical joints.

Key words: pyrrhotite, halogenic deposits, halite, inclusions of mineral-forming medium, temperature of homogenization, Verkhniokamske deposit of potassium-magnesium salts, North Urals.

УДК 553.94:551.735(477.8)

**Михайло Матрофайло¹, Володимир Лазар², Микола Король³,
Ярослава Яремчук¹**

¹Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України,
вул. Наукова, 3а, Львів, Україна, 79060,
igggk@mail.lviv.ua

²ДП “Львіввугілля”,
вул. Б. Хмельницького, 26, Сокаль, Львівська обл., Україна, 80000,
lazar_v@meta.ua

³Відокремлений підрозділ “Геологорозвідувальна експедиція” ДП “Львіввугілля”,
вул. Устилузька, 19, Володимир-Волинський, Волинська обл., Україна, 44700,
geolog@vv.lt.ukrtel.net

МОРФОЛОГІЯ ПРОМИСЛОВИХ ПЛАСТІВ І МІНЕРАЛЬНИЙ СКЛАД НЕОРГАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ВУГІЛЛЯ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО КАМ’ЯНОВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ

Наведено результати дослідження морфології вугільних пластів Львівсько-Волинського кам’яновугільного басейну. Схарактеризовано їхню вугленосність і морфоструктурні особливості. Морфолого-генетична зональність вугільних пластів, характер і масштаб прояву морфологічних змін відображають складний блоковий розвиток вугленосної товщі басейну. Поширені, головню, морфолого-генетичні зони типів I і II – площі розвитку пластів простої й неоднорідної складної (нерозщепленої) будови, які сформувалися за умов стабільного й порівняно стабільного нагромадження органічної речовини. Морфолого-генетичні зони типу III, які утворилися за нестабільних умов нагромадження фітомаси, наявні переважно в Південно-Західному вугленосному районі басейну.

На підставі морфологічного аналізу, з огляду на співвідношення органічної та неорганічної частин вугільного пласта, визначено основні морфоструктури промислових вугільних пластів Межирічанського родовища. Досліджено мінеральний склад неорганічної частини вугілля основних промислових пластів n_7^a , n_7^b , n_8 , n_8^b родовища, у якій найбільше поширені каолінит, пірит, кальцит і доломіт.

Ключові слова: вугілля, зольність, вугленосність, морфологія пластів, морфоструктура, неорганічна частина вугілля, мінерал, Львівсько-Волинський вугільний басейн.

Вступ. Морфоструктурні особливості пластів та якість вугілля, одним із найважливіших показників якої є зольність, – це важливі геолого-промислові критерії, що їх беруть до уваги під час проведення геологорозвідувальних робіт, визначення категорії запасів та їхнього підрахунку, планування оптимальних способів ведення гірничих робіт, видобутку вугілля тощо.

Відомо, що кам'яне вугілля неоднорідне – містить органічну та неорганічну речовину (рис. 1). Мінеральні включення, нагромаджені у вугіллі під час торфо- й вуглеутворення, суттєво впливають на його зольність. Водночас чистота вугільної маси залежить від умов формування покладів вугілля. Зокрема, найменш зольне вугілля утворюється з органічної речовини (ОР) за автохтонних умов – нагромадження висхідного рослинного матеріалу відбувається на місці росту рослин у болотах-торф'яниках, де привнесення породного матеріалу незначне. За алохтонних умов малозольне вугілля формується з ОР, яка нагромаджується під час перенесення внаслідок механічної диференціації та розшарування за об'ємною масою рослинного й уламкового породного матеріалу [2].

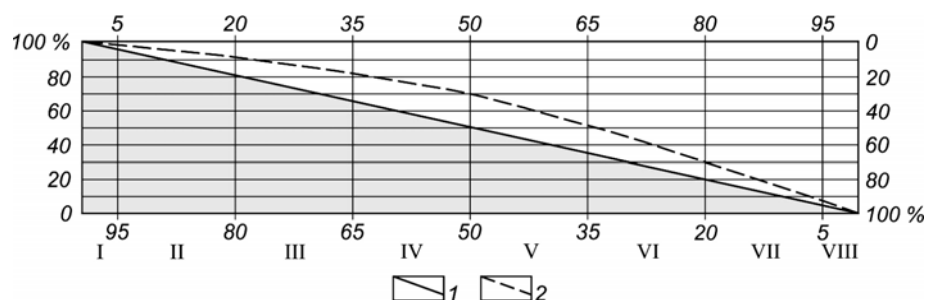


Рис. 1. Склад вугілля залежно від співвідношення за масою органічної та мінеральної речовини, за [10]:

1 – співвідношення за масою; 2 – об'ємне співвідношення; I–IV – вугілля: I – “чисте”, II – низькозольне, III – середньозольне, IV – високозольне; V–VIII – гірські породи: V – вуглисті, VI – вуглистоглинисті, VII – теригенні з домішкою органічної речовини вугілля (ОРВ), VIII – теригенні з розсіяною ОРВ.

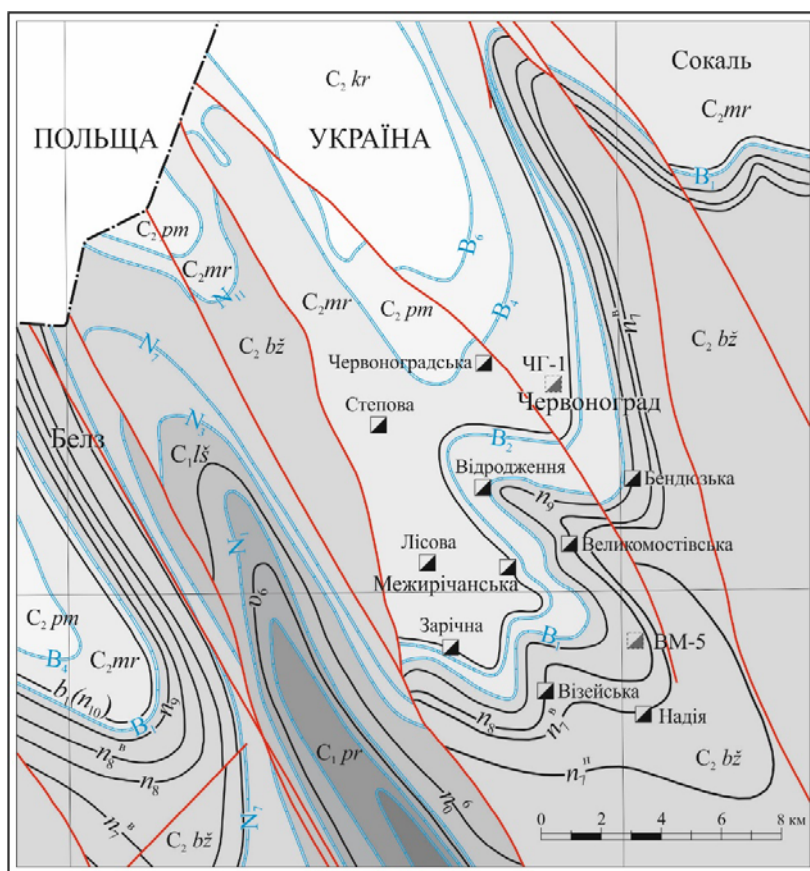
Мінеральні включення у кам'яному вугіллі різних басейнів представлені глинистими мінералами, дисульфідами заліза (пірит, марказит), карбонатами кальцію, магнію (кальцит, доломіт) та заліза (сидерит), сульфатами кальцію (гіпс), заліза й алюмінію, оксидами заліза й алюмінію, хлоридами калію й натрію та ін.

Мета роботи – схарактеризувати вугленосність і морфоструктурні особливості вугільних пластів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну (ЛВБ), визначити головні морфоструктури промислових вугільних пластів Межирічанського родовища та мінеральний склад неорганічної частини вугілля.

Матеріал та методи дослідження. Для характеристики морфоструктурних особливостей вугільних пластів ЛВБ використано морфологічний аналіз [6]. Головні морфоструктури промислових вугільних пластів Межирічанського родовища визначено з огляду на співвідношення органічної й неорганічної частин вугілля. Проби для вивчення мінерального складу неорганічної частини вугілля Межирічанського родовища відбирали з пластів n_7^H , n_7^B , n_8 , n_8^B у шахтах Червоноградського геолого-промислового району (ГПР). Рентгенометричний аналіз проб виконано в ІТГК НАН України на дифрактометрі АДП-2.0 (F_{Ca} -випромінювання, Мп-фільтр, $I = 14$ мА, $U = 34$ кВ; аналітик – Я. Яремчук). Аналізували порошкові препарати – вугілля, механічно подрібнене до 0,01 мм [7].

Геологічна характеристика. Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн розташований у межах Львівського палеозойського прогину, на південно-західній окраїні

Східноєвропейської платформи. Він є південно-східним продовженням Люблінського басейну, розташованого на території Польщі. Для ЛВБ загалом характерне полого південно-західне занурення відкладів карбону під кутом $1-2^\circ$ [4]. Моноклінальне падіння ускладнене переміжними антиклиналями й синкліналями та диз'юнктивними порушеннями. Переважають розривні дислокації північно-західного простягання (рис. 2), а поперечні (північно-східні) порушення розвинуті підпорядковано. Водночас південно-західній частині басейну притаманні інтенсивніші тектонічні порушення.



C_2mr 1
 n_8 2
 n_7 3
 n_6 4
 / 5
 / 6

Рис. 2. Карта промислової частини Межирічанського родовища ЛВБ [3]:

1 – світи нижнього (C_{1iv} – іваничівська, C_{1ls} – лишнянська) та середнього (C_{2bz} – бужанська, C_{2mr} – морозовичівська, C_{2pt} – поромівська, C_{2kr} – кречівська) відділів кам'яновугільної системи; 2 – основні промислові вугільні пласти та їхня синоніміка, 3 – маркувальний пласт вапняку та його синоніміка, 4 – шахти: *a* – діючі, *b* – закриті; 5 – розривні тектонічні порушення; 6 – державний кордон України.

Головні структурні форми ЛВБ, за якими виконано його геолого-промислове районування, – це Ковельський виступ, Волинська й Забузька монокліналі, Сокальська, Межирічанська, Тяглівська та Карівська (Любельська) синкліналі. У північній і центральній частинах басейну розташовані Ковельська вугленосна площа та Нововолинський і

Червоноградський геолого-промислові райони, у південно-західній – ще не освоєний Південно-Західний вугленосний район (Тяглівське і Любельське родовища, Бишківська вугленосна площа). Головні диз'юнктивні порушення, різні за амплітудою зміщення, напрямом і кутом падіння, – це Піщанський, Шацький, Любомльський, Ковельський, Волинський, Забузький, Павлівський, Бузький, Першотравневий, Цебрівський, Кам'янка-Бузький, Тяглівський, Белз-Куличківський, Рава-Руський скиди, Жужелянський і Нестерівський насуви та ін.

Межирічанське родовище приурочене до центральної частини ЛВБ (Червоноградський ГПР). Це головний район басейну, у якому зосереджені основні балансові запаси вугілля і розташована більшість діючих шахт та підготовлених для промислового освоєння шахтних ділянок. У межах родовища є вугільні шахти “Степова”, “Відродження”, “Лісова”, “Межирічанська”, “Великомостівська” і відокремлений підрозділ “Червоноградська” (див. рис. 2), у яких ми відбирали проби для аналізування.

Відклади кам'яновугільної системи (рис. 3), які становлять карбонову формацію родовища, залягають із кутовою та стратиграфічною незгідністю на еродованій гетерогенній поверхні потужних осадових порід D_3 . На розмитій нерівній поверхні вугленосних відкладів залягають верхньоярські, верхньокрейдові та четвертинні утворення.

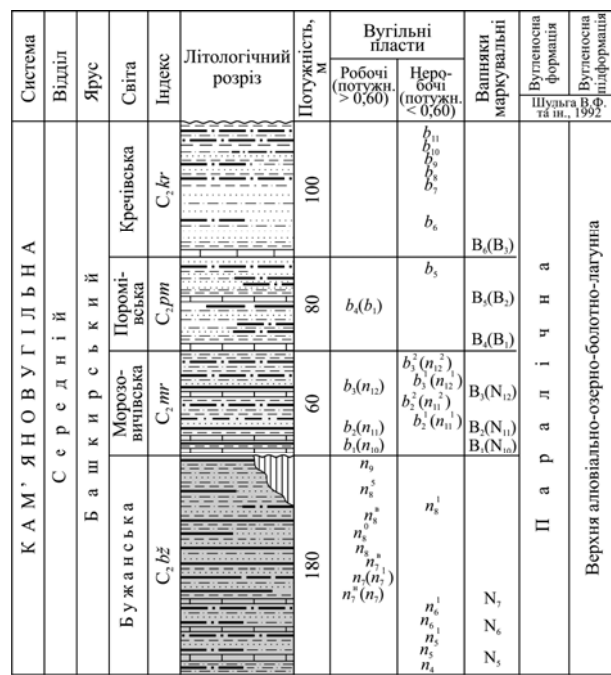


Рис. 3. Зведений стратиграфічний розріз верхньої частини кам'яновугільних відкладів ЛВБ [1, 3]: 1 – пісковики; 2 – алевроліти; 3 – аргіліти; 4 – вапняки; 5 – вугільні пласти: а – робочі, б – неробочі; 6 – стратиграфічні незгідності (а), перерви в осадоагломерації (б).

Родовище розташоване в межах Межирічанської синклінальної складки, західне крило якої обмежене Белз-Мілятинською антиклінальною зоною, а на північному сході району вона межує з Забузькою моноклінальною. Синкліналь має широке пологіе дно, ускладнене локальними складками різного порядку, додатних і від'ємних форм. Вісь

Межирічанської синкліналі слабо занурена в північно-західному напрямі. Кут падіння порід на західному крилі складки – 6–8°, на східному – не перевищує 1–3°. Додатні структури – це пологі антикліналі та флексуроподібні підняття. Дислокацією другого типу є Центральне флексурне підняття, яке простягається в північно-західному напрямі на 18 км за середньої ширини 1,7 км; склепінна частина підняття порушена поздовжніми тектонічними розривами – скидами, а західне крило ускладнене скидами, які утворюють грабен (поле шахти “Відродження” та ін.). До від’ємних форм належать пологі синклінальні складки, напівзамкнуті западини або мульди [5].

Основні розривні порушення в межах синкліналі особливо поширені на закінченні крил складки, зокрема, Забузький скид, Жужелянський насув (поле шахти “Лісова”) з амплітудою до 13 м і кутом 37°. Значно поширені розривні порушення з амплітудою 2–5, зрідка – 10–15 м (рис. 4), які утворюють серії східчастих і кулісних скидів з сумарним зміщенням 18 м на південний захід (поле шахти “Великомостівська”). Аналіз матеріалів гірничих виробок засвідчує, що багато розривних порушень пов’язано з диз’юнктивною тектонікою глибоких горизонтів.

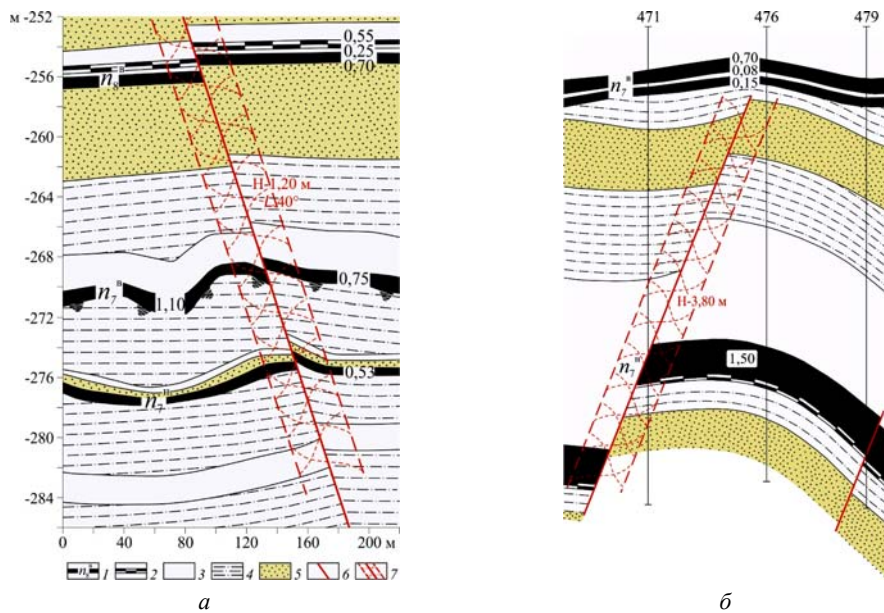


Рис. 4. Детальні морфологічні розрізи вугільних пластів шахти “Межирічанська” (оконтурений штрек 389-біс) (а) і шахти “Великомостівська” (внутрішньопластовий скид) (б), за даними ДП “Львіввугілля”:

1 – вугільний пласт (вугілля гумусове), його синоніміка і потужність; 2 – сапропеліти; 3 – аргіліти; 4 – алевроліти; 5 – пісковики; 6 – розривні порушення; 7 – зона тріщинуватості.

Вугленосність і морфологія вугільних пластів. Основна промислова вугленосність Межирічанського родовища пов’язана з відкладами бужанської світи башкирського ярусу C_2 (див. рис. 3). Ця світа розташована у верхній частині візейсько-ранньобашкирської (C_{1-2}) алювіально-озерно-болотно-лагунової вугленосної формації [4]. Вугільні пласти n_7^a , n_7^b , n_7^c , n_8^a , n_8^b , n_9 мають робочу потужність або на всій площі родовища, або на окремих його ділянках. Потужність промислової товщі становить 120–180 м.

Найнижчим робочим пластом є **пласт n_7^B** (“Сокальський”), який залягає на глибині від 444 до 570 м, на 180–200 м вище від вапняків N_1 . Промислове значення пласт має в південній частині Червоноградського ГПР. Це головний і найбільш високоякісний робочий пласт великомостівських шахт, його потужність змінюється від 0,85 до 2,20 м (середня – 1,3–1,6 м). Марка вугілля – Γ_K ; зольність – 6,9–14,0 %. Природна газоносність вугільного пласта становить 11,5 м³/т сухої беззольної маси (с. б. м.) (шахта “Відродження”). Межі його поширення значно зменшені внаслідок внутрішньоформаційних розмивів. Проте на ділянках, які збереглися від розмивання, він зберігає високу робочу потужність і стоншується тільки в зонах, прилеглих до площ розмивання. Зазначимо, що за час тривалої розробки Межирічанського родовища на значній частині шахтних полів пласт відпрацьовано.

На площі великомостівських шахт пласт має просту (без породних прошарків) будову і складений з гумусової частини (верхньої) та сапропелевої (нижньої) (рис. 5). Потужність сапропелевої пачки – 0,19–0,30 м, подекуди збільшується до 0,60 м (залягає в середині або близько до підшови вугільного пласта). У полі шахти “Лісова” пласт має складну структуру: наявні дві, іноді три пачки, розділені породними прошарками потужністю до 0,10 м.

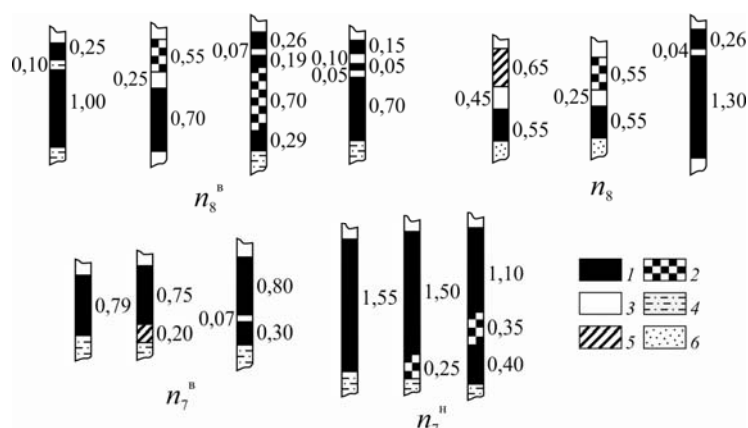


Рис. 5. Основні морфоструктури робочих пластів Межирічанського родовища (за даними гірничих виробок ДП “Львіввугілля”):

1 – вугілля гумусове; 2 – сапропеліт; 3 – аргіліт; 4 – алеволіт; 5 – вуглистий аргіліт; 6 – пісковик.

Вугілля пласта кам’яне, гумусове, чорне, дюрено-кларенове з примазками фюзену, блискуче, крихке, тріщинувате, з нальотами і включеннями конкрецій піриту, з плівками кальциту, контакти чіткі, зв’язок слабкий (рис. 6). Вугілля сапропелеве чорне, щільне, міцне, легке, тріщинувате, з прошарками кальциту й нальотами піриту, злом раковистий.

Значно поширений і добре простежений по всьому басейну **пласт n_7^B** (“Західнобузький”). Глибина його залягання змінюється від 434 до 556 м. У Червоноградському ГПР його розробляють більшістю великомостівських шахт. Зокрема, основна кількість балансових запасів шахти “Межирічанська” зосереджена саме в цьому пласті; за попередні роки його відпрацьовано частково.

У всіх гірничих виробках пласт має сталу потужність, структуру і звичайно просту (однопачкову) будову, як, наприклад, на шахті “Межирічанська”, де його середня по-

тужність становить 0,69–0,93 м, іноді зростає до 1,10 м (див. рис. 4, а). Складну будову (дві, три і більше пачок) пласт має на півночі й півдні поля шахти “Візейська”. Марка вугілля – Г_к. Зольність становить 15,8–24,4 %. Природна газоносність вугільного пласта – 5,9 м³/т с. б. м.

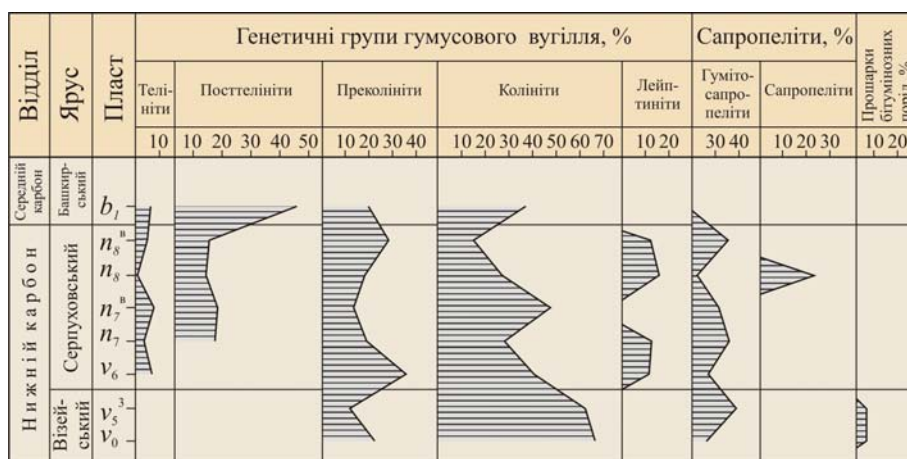


Рис. 6. Склад вугілля нижнього й середнього карбону ЛВБ за генетичними групами [8].

Вугілля пласта кам'яне, гумусове, чорне, кларено-дюренове з примазками фюзену, напівблискуче, тріщинувате, з включеннями піриту та примазками кальциту.

Значна площа пласта n_7^B на шахті “Межирічанська” (за даними гірничих робіт) розташована в зоні підвищеного гірничого тиску, тому у вугільному пласті передбачають наявність дрібних тріщин з амплітудою 0,05–0,20 м.

Пласт n_8 (“Межирічанський”) розробляють шахтами “Червоноградська” та “Відродження”. Глибина залягання пласта змінюється від 460 до 541 м. Будова його, зазвичай, складна, двопачкова. Зокрема, на полі шахти “Червоноградська”, де його загальна потужність становить 1,35–1,55 м, нижня пачка складена гумусовим вугіллям потужністю 0,40–0,63 м, породний прошарок (0,25–0,37 м) – аргілітом, у нижній частині – вуглистим аргілітом шаруватої текстури, подекуди з тонкими лінзоподібними включеннями вугілля. Верхня пачка потужністю 0,55–0,65 м складена високозольним сапропелевим вугіллям (чорного кольору, з матовим відблиском і раковистим зломом), яке за розрізом і простяганням часто заміщене глинисто-сапропелевим матеріалом.

На полі шахти “Відродження” нижня пачка пласта складена гумусовим вугіллям потужністю 0,40–0,70 м, породний прошарок (0,10–0,55 м) – аргілітом. Верхня – високозольна вуглиста пачка, рідше сапропелева, потужністю 0,30–0,80 м. Марка вугілля – Г_к. Природна газоносність пласта становить 2,0–8,8 м³/т с. б. м.

У нижній пачці вугілля кам'яне, гумусове, чорне, кларено-дюренове з примазками фюзену, напівблискуче, вертикально тріщинувате, по тріщинах плівки кальциту й нальоти піриту, крихке, смугастої структури, злом східчастий, у верхній – сапропелеве, високозольне, темно-сіре до чорного, з шовковистим полиском, в'язке, крихке, тріщинувате, по тріщинах (майже вертикальних) наявні нальоти піриту й кальциту.

Проблеми щодо відпрацювання цього пласта пов'язані з його складною будовою та малою потужністю.

Пласт n_8^B (“Тонкий–III”) стійкий у розрізі, його простежено по всій площі ЛВБ за винятком розмитої карбонової товщі. Глибина залягання пласта – 426–518 м (шахта “Лісова”) (рис. 7). На території Червоноградського ГПР пласт інтенсивно розробляють шахтою “Червоноградська” і майже всіма великомостівськими шахтами, оскільки він має витриману робочу потужність і значне поширення. На полі шахти “Степова” його нема тільки в північно-західній частині. На більшій частині шахтного поля будова пласта складна, двопачкова і тільки в південно-західній частині – трипачкова. Його потужність змінюється від 0,75 до 1,45 м, переважно – 0,90–1,20 м. Прошарок представлений алевролітом потужністю 0,08– 0,10 м. Потужність верхньої пачки становить 0,35–0,36 м, нижньої – 0,58–0,71 м. Марка вугілля – Г. На полі шахти “Лісова” пласт поширений повсюдно, має дво-, інколи трипачкову будову і потужність 0,67–1,06 м. Породний прошарок складений аргілітом потужністю 0,04–0,20 м. Марка вугілля – Ж. Зольність становить 21,8–36,1 %.

Вугілля кам’яне, гумусове, чорне, блискуче до напівблискучого, крихке, дюрено-кларенове з прошарками фізеноу, розбите тріщинами ендокліважу з частотою тріщин 18–20 на 1 погонний метр, горизонтально шарувате, тонкоплитчасте, окремість призматична, злом нерівний. Більшу частину запасів пласта вже відпрацьовано, нині роботи провадять у центральній частині шахтного поля.

Зазначимо, що загалом на території ЛВБ морфологія кожного пласта індивідуальна і змінюється зонально: зони типу I – прості (переважно прості, без породних прошарків) будови пласта; типу II – зони неоднорідної складної будови пласта; типу III – зони розщеплення – значного збільшення породного прошарку (див. рис. 7). Вугільні пласти відрізняються за кількістю виділених морфолого-генетичних зон, їхньою площею поширення, формою, розташуванням у плані, простяганням та змінами, які відбулися внаслідок розмивання.

Ми виділили такі зони у вугільних пластах n_7^H , n_7 , n_7^B , n_8 , n_8^B і n_9 . У більшій частині басейну поширені морфолого-генетичні зони типів I і II – це площі, на яких наявні пласти прості і неоднорідної складної (нерозщепленої) будови, що утворилися за умов стабільного й порівняно стабільного нагромадження ОР. Морфолого-генетичні зони типу III, які формувалися за нестабільних умов нагромадження фітомаси, приурочені, головню, до Південно-Західного вугленосного району ЛВБ (пласти n_7^H , n_7 , n_7^B , n_8^B і n_9). У Нововолинському й Червоноградському ГПР розщеплені такі пласти: n_7 – на Волинському родовищі, n_7^B – на Забузькому, n_8 – на Межирічанському, v_0^3 – у межах Ковельської вугленосної площі.

Мінеральний склад неорганічної частини вугілля. За даними рентгенофазового аналізу, досліджені проби вугілля ЛВБ відрізняються між собою за кількісним і якісним складом мінералів у їхній неорганічній частині. Визначено такі мінерали, як каолінит, пірит, кальцит, доломіт, гідрокслюда, гідроксиди заліза (рис. 8).

Каолінит наявний у переважній більшості проб, дещо менше піриту (див. таблицю). Кальцит, як і доломіт, в одній пробі може бути єдиним мінералом, в іншій – домішкою. Кальцит трапляється також в асоціації з каолінітом і піритом. Гідрокслюда ідентифіковано тільки в одній пробі, а гідроксиди заліза – в одній пробі у вигляді незначної домішки. Опукле підняття фону (гало) у ділянці 12–37° кутів 2 θ на дифрактограмах свідчить про переважний вміст органічної складової в пробах і водночас про можливу наявність у них рентгеноаморфного кремнезему (халцедон, опал) та/або неокристалізованих гідроксидів заліза.

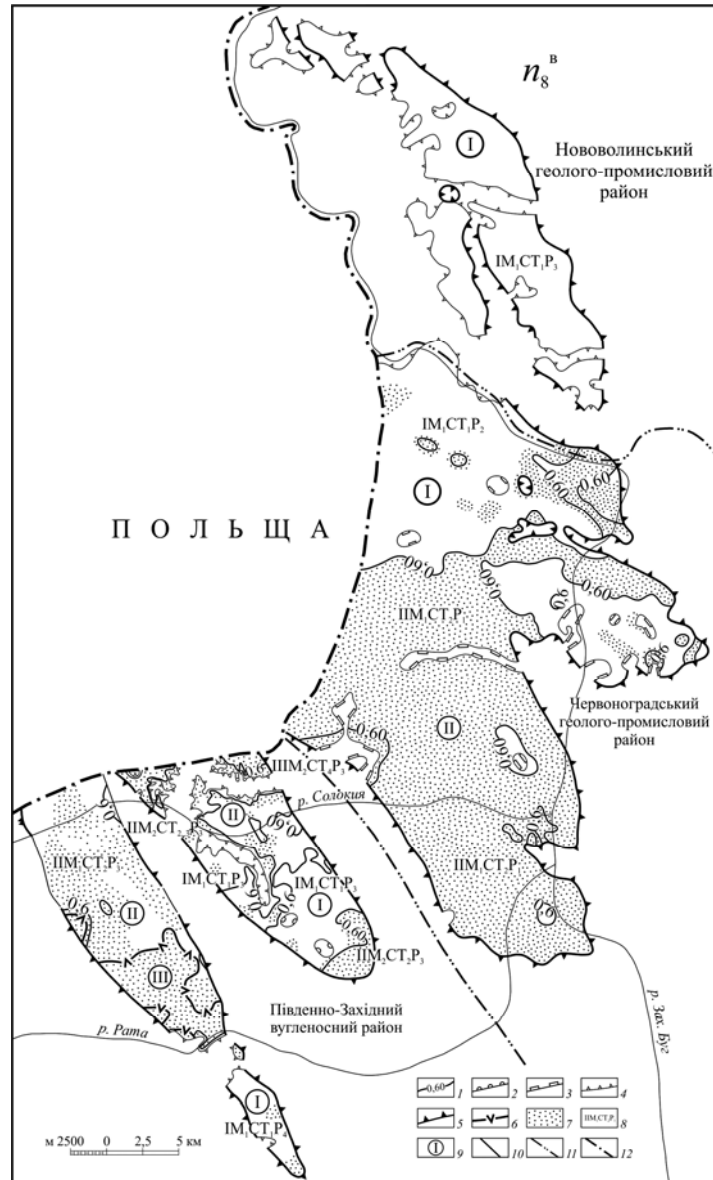


Рис. 7. Карта морфології вугільного пласта n_8^B ЛВБ (склав М. Матрофайло):

1 – ізопахіти пласта, м; 2–6 – межі: 2 – передбачуваного виклинювання вугільного пласта, пачки; 3 – сингенетичного й ранньоепігенетичного (переважно синторф’яного і ранньоепіторф’яного) розмивання вугільного пласта; 4 – епігенетичного внутрішньоформаційного (переважно епіторф’яного) розмивання вугільного пласта; 5 – епігенетичного післякарбонівного розмивання вугленосної формації; 6 – розщеплення вугільного пласта; 7 – вугільний пласт неоднорідної складної будови; 8 – буквено-цифровий індекс вугільного пласта, переважний для ділянки (шахтопласта); 9 – тип морфолого-генетичної зони вугільного пласта: I – простої (переважно простої) будови, II – неоднорідної складної (“мозаїчної”) будови, III – розщеплення; 10 – розривні тектонічні порушення; 11 – межі ГІР; 12 – державний кордон.

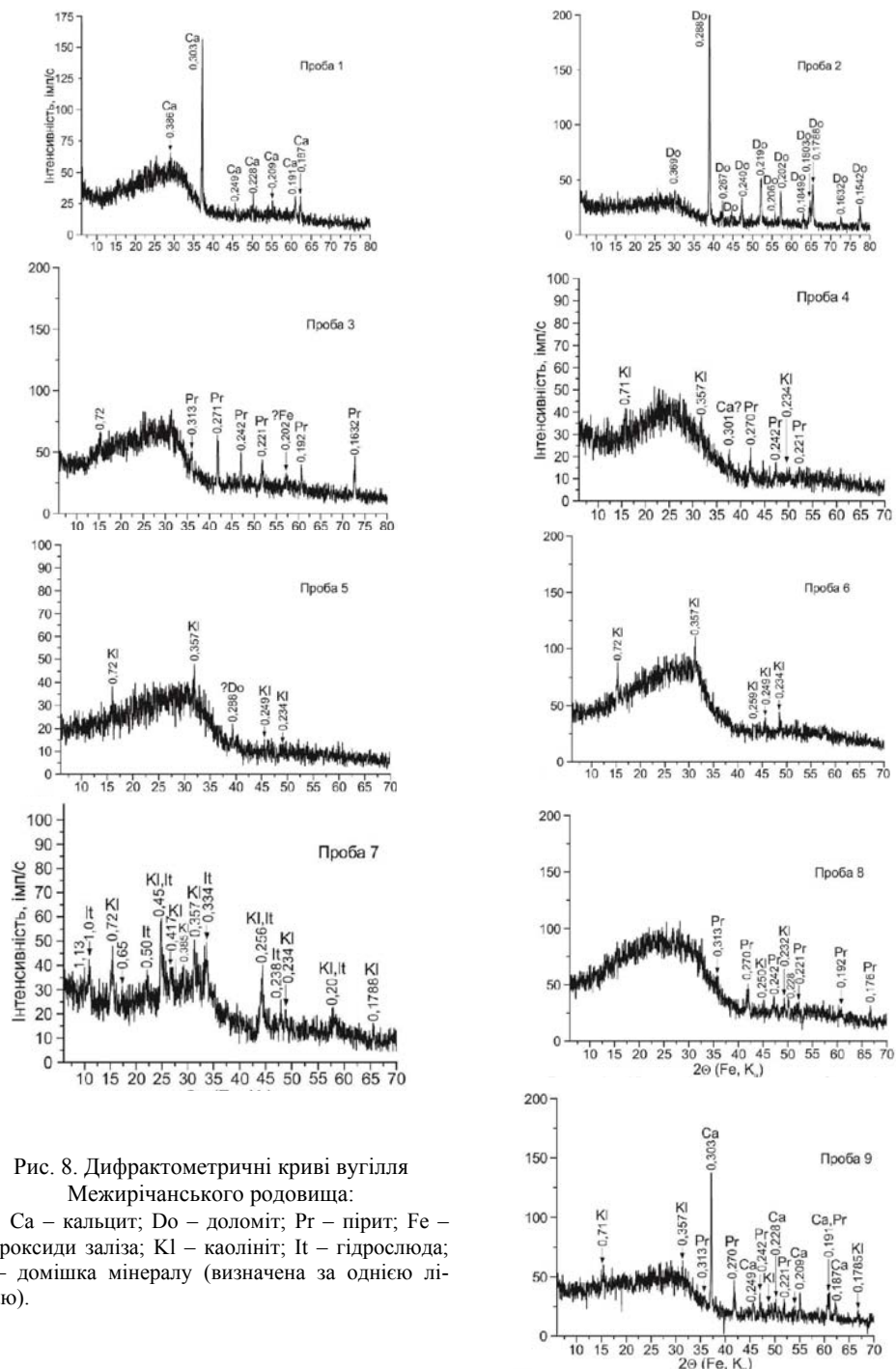


Рис. 8. Дифрактометричні криві вугілля
Межирічанського родовища:

Ca – кальцит; Do – доломіт; Pr – пірит; Fe – гідроксида заліза; Kl – каолініт; It – гідрослюда; ? – домішка мінералу (визначена за однією лінією).

Склад неорганічної частини вугілля робочих пластів
Межирічанського родовища за результатами дифрактометричного аналізу

Номер проби	Шахта	Вугільний пласт	Місце відбирання проби (номер лави)	Марка вугілля	Мінеральні включення
1	Відродження	n_8	438	Жк	Кальцит
2	Великомостівська	n_7^H	112	Гк	Доломіт
3	Межирічанська	n_7^B	389 біс, оконтуровальний штрек	Гк	Пірит, гідроксиди заліза?
4		n_7^H	189	Сапропелеве	Пірит, каолініт, кальцит?
5				Гк	Каолініт, доломіт?
6	Червоноградська	n_8	439	Гк	Каолініт
7	Степова	n_8^B	565, оконтуровальний штрек	Г	Гідрослюда, каолініт
8		n_7^H	121	Гк	Пірит, каолініт
9	Лісова	n_8^B	525	Ж	Кальцит, пірит, каолініт

Зазначимо, що наявність ОР та можливого аморфного кремнезему в пробах знижує чутливість рентгенофазового методу щодо визначення мінералів нижчих сингоній, зокрема польових шпатів.

Отримані нами результати підтверджують висновки раніше виконаних досліджень [9], під час яких вивчали неорганічну частину вугілля продуктивних пластів ЛВБ у прозорих шліфах під мікроскопом. Петрографічний аналіз засвідчив, що вугілля басейну містить теригенний і аутигенний кварц, плагіоклази, халцедон, доломіт, кальцит, каолініт, гідроксиди заліза, пірит, тонкодисперсний глинистий матеріал, грубоуламковий погано обкатаний матеріал аргілітів, алевролітів, пісковиків, вапняків і сидеритів тощо. Отже, видовий набір мінералів, що його визначено в прозорих шліфах, більший, ніж виявлений рентгенівським аналізом, під час якого, зокрема, не зафіксовано кварц і плагіоклази. Однак зазначимо, що рентгенометрично ми досліджували проби вугілля тільки Межирічанського родовища.

Висновки. Промисловим вугільним пластам ЛВБ притаманна зональна будова. Виявлені особливості їхньої морфолого-генетичної зональності, характеру й масштабів прояву морфологічних змін відображають складний блоковий розвиток вугленосної товщі басейну. На його території поширені, головню, морфолого-генетичні зони типів I і II, які утворилися за умов стабільного й порівняно стабільного нагромадження ОР. Морфолого-генетичні зони типу III типу, які формувалися за нестабільних умов нагромадження фітомаси, наявні переважно в Південно-Західному вугленосному районі ЛВБ.

Морфологічний аналіз вугільних пластів засвідчив, що поширені, головню, розщеплення тектонічної природи. Їхнє утворення зумовлене конседиментаційними диференційованими тектонічними рухами фундаменту, які спричинили опускання й підняття окремих ділянок території вуглеутворення. Тектонічні розщеплення притаманні тектонічно активнішим зонам басейну, які розташовані в Південно-Західному вугленосному районі (Тяглівське й Любельське родовища) та в межах Ковельської вугленосної площі.

Дифрактометричні дослідження кам'яного вугілля основних промислових пластів n_7^H , n_7^B , n_8 , n_8^B Межирічанського родовища дали змогу визначити мінерали, наявні в неорганічній частині вугілля. Серед них найбільше поширені каолінит, пірит, кальцит, доломіт, спорадично трапляються гідрослюда й гідроксиди заліза.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Вдовенко М. В.* Стратиграфія карбону Львівського палеозойського прогину / М. В. Вдовенко, В. І. Полетаєв, В. Ф. Шульга // Стратиграфія верхнього протерозою та фанерозою України. Т. 1 : Стратиграфія верхнього протерозою, палеозою та мезозою України / [гол. ред. П. Ф. Гожик]. – К. : ІГН НАН України. Логос, 2013. – С. 316–331.
2. *Волков В. Н.* Генетические основы морфологии угольных пластов / В. Н. Волков. – М. : Недра, 1973. – 176 с.
3. Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000, аркуші М-34-ХVIII (Рава-Руська), М-35-ХIII (Червоноград), М-35-ХIX (Львів). – К. : М-во екол. та природ. рес. України, Держ. геол. служба, НАК “Надра України”, ДП “Західукргеологія”, Львів. ГРЕ, 2004. – 118 с.
4. Корреляция карбоновых угленосных формаций Львовско-Волинского и Люблинского бассейнов / В. Ф. Шульга, А. Здановски, Л. Б. Зайцева и др. – Киев : Варта, 2007. – 427 с.
5. Львовско-Волинский каменноугольный бассейн. Геолого-промышленный очерк / М. И. Струев, В. И. Исаков, В. Б. Шпакова и др. – Киев : Наук. думка, 1984. – 272 с.
6. *Матрофайло М.* Застосування морфологічного аналізу вугільних пластів у Львівсько-Волинському басейні / М. Матрофайло // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геол. – 2017. – Вип. 31. – С. 56–66.
7. Рентгенография основных типов породообразующих минералов (слоистые и каркасные силикаты) / В. С. Власов, С. А. Волкова, Н. П. Вяхирев и др. – Л. : Недра, 1983. – 359 с.
8. Типи фітомаси кам'яновугільних відкладів та її роль у формуванні вугілля і метану газувугільних басейнів України / С. Бик, В. Узіюк, Є. Бартошинська та ін. // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2006. – № 3–4. – С. 17–37.
9. *Федушак М. Ю.* Атлас мікроструктур вугілля Львівсько-Волинського басейну / М. Ю. Федушак, В. О. Кушнірук, Є. С. Бартошинська. – К. : Наук. думка, 1974. – 103 с.
10. *Ягубяниц Т. А.* Морфоструктурный анализ угольных залежей / Т. А. Ягубяниц. – М. : Недра, 1988. – 126 с.

*Стаття: надійшла до редакції 08.08.2018
прийнята до друку 21.12.2018*

**Mykhailo Matrofailo¹, Volodymyr Lazar², Mykola Korol³,
Yaroslava Yaremchuk¹**

¹*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NASU,
3a, Naukova St., Lviv, Ukraine, 79060,*

igggk@mail.lviv.ua

²*SE "Lvivvuhillia",*

26, B. Khmelnytskoho St., Sokal, Lviv region, Ukraine, 80000,

lazar_v@meta.ua

³*Separate subdivision "Geological Exploration Expedition" of SE "Lvivvuhillia",*

19, Ustyluzka St., Volodymyr-Volynskiy, Volyn region, Ukraine, 44700,

geolog@vv.lt.ukrtel.net

**MORPHOLOGY OF COMMERCIAL SEAMS
AND MINERAL COMPOSITION OF INORGANIC PART OF COAL
OF THE LVIV-VOLYN COAL BASIN**

We researched the morphology of coal beds of Lviv-Volyn coal basin, tenor of coal and their morphostructural features.

Morphologic-genetic zoning of coal beds, character and scale of morphological changes manifestation reflect the complex block development of the coal measures. Morphologic-genetic zones of types I and II are mainly widespread, there are the areas of development of simple and heterogeneous complex (un-cleaved) structure layers, which formed under conditions of stable and relatively stable accumulation of organic matter. Morphologic-genetic zones of type III, formed in the unstable conditions of phytomass accumulation, are found mainly in the South-West coal region of the basin.

The morphological analysis of the coal seams showed that the cleavages of tectonic nature predominate. Their formation has been conditioned by consedimentary differentiated tectonic movements of the basement, which caused the lowering and rising of individual sections of coal formation territory. Tectonic cleavages are characteristic of tectonically more active zones of the basin, which are located in the South-West coal region (Tiahlivske and Liubelske deposits) and within the Kovel coalmine area.

Based on the morphological analysis and the ratio of the organic and inorganic part of the coal seam, the main morphostructures of the commercial seams of the Mezhyrichanske deposit are determined. This deposit is confined to the central part of the basin, where the main balance reserves of coal are concentrated and most of the existing mines and mine areas, prepared for industrial development, are located. Within the field there are coalmines "Stepova", "Vidrodzhenia", "Lisova", "Mezhyrichanska", "Velykomostivska" and a separate unit "Chervonohradska", in which we selected samples for analysis.

We investigated the mineral composition of the inorganic part of the coal of the main industrial layers of n_7^H , n_7^B , n_8 , n_8^B of the Mezhyrichanske deposit. Among the most common minerals are kaolinite, pyrite, calcite and dolomite, sporadically, there are hydromica and iron hydroxides.

Key words: coal, ash content, tenor of coal, morphology of coal beds, morphostructure, inorganic part of coal, mineral, Lviv-Volyn coal basin.

ХРОНІКА

Орест Матковський, Леонід Скакун, Надія Словотенко

*Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005,
mineral@franko.lviv.ua*

ОДИНАДЦЯТИ НАУКОВІ ЧИТАННЯ ІМЕНІ АКАДЕМІКА ЄВГЕНА ЛАЗАРЕНКА

Тринадцятого–п’ятнадцятого вересня 2018 р. відбулися чергові Одинадцяті наукові читання імені академіка Євгена Лазаренка, організовані Львівським національним університетом імені Івана Франка за участю Інституту геології і геохімії горючих копалин НАН України, Українського мінералогічного товариства і Наукового товариства імені Шевченка. Їх проведено на базі спортивно-оздоровчого табору “Карпати” Львівського університету (с. Карпати Мукачівського р-ну Закарпатської обл.).

До початку роботи Читань опубліковано їхні матеріали на сторінках “Мінералогічного збірника” (2018. № 68, вип. 1) – 41 доповідь. Тематика матеріалів надзвичайно широкопрофільна. Вона охоплює мінералогію і геохімію гірських порід та різних корисних копалин; історію науки; генезис і різні властивості (морфологію, кристалохімію, фізичні характеристики) мінералів – земних і космічних, породоутворювальних і акцесорних з ендегенних, екзогенних і техногенних утворень (піроксени, амфіболи, турмалін, циркон, кайнозит, енігматит та ін.); проблеми золото-, мідє-, бурштиноносності, сланцевого газу і техногенезу. Першою є досить велика публікація О. Матковського, В. Павлишина “Роль геологічної служби України в розвитку мінералогічних досліджень (до 100-річчя заснування Українського геологічного Комітету)”, у якій висвітлено найвагоміші здобутки представників геологічної служби в мінералогічних дослідженнях України, що пов’язані, головню, з науково-дослідними інститутами (ІМР і УкрДГРІ) та окремими дослідниками, які згодом стали відомими науковцями й педагогами, а завершує матеріали оригінальна стаття А. Радченко “Наукова періодика з мінералогії в Україні. Напрями розвитку”, у якій стисло схарактеризовано три головні вітчизняні наукові періодичні видання мінералогічного спрямування: “Записки Українського мінералогічного товариства”, “Мінералогічний журнал” та “Мінералогічний збірник”. Виконано порівняння з чотирма найбільш цитованими за даними наукометричної бази даних Web of Science Core Collection виданнями відповідної тематики, окреслено перспективні напрями розвитку мінералогічної періодики в Україні.

Безпосередню участь у роботі Читань узяло 37 осіб, серед яких представники Київського, Львівського, Харківського та Криворізького національних університетів, Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне), Інституту геологічних наук НАН України, Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАН України, Інституту геології і геохімії горючих копалин НАН

України. Серед авторів деяких доповідей були представники Інституту прикладної фізики НАН України, геологічної служби України та Інституту геології і мінералогії Російської АН.

У програмі Читань було 30 усних і 14 стендових доповідей. На чотирьох засіданнях заслухано й обговорено 24 усні (одна позапрограмна) і вісім стендових доповідей. Перше засідання 13 вересня вступним словом відкрив голова Оргкомітету – декан геологічного факультету професор *М. Павлунь*. Опісля президент УМТ *Г. Кульчицька* вручила нагороди – медалі *Є. К. Лазаренка* за внесок у мінералогію Спілки геологів України та Українського мінералогічного товариства. Їх удостоєні доктор геологічних наук, завідувач відділу геохімії глибинних флюїдів ІТТК НАН України *Ігор Наумко* та завідувач Геологічного музею коледжу геологорозвідувальних технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка *Валентин Прокопець*. Також вручено посвідчення медалі *Є. К. Лазаренка* *Петру Білоніжці* – доценту кафедри мінералогії ЛНУ імені Івана Франка, якої він був удостоєний з нагоди 80-річчя від народження. Учасники Читань хвилиною мовчання вшанували світлу пам'ять членів товариства, що відійшли у вічність у 2016–2018 рр.



Голова Оргкомітету професор Микола Павлунь відкриває XI Наукові читання імені академіка Євгена Лазаренка.

На ранковому засіданні 13 вересня заслухано шість доповідей: *О. Матковського* про роль геологічної служби України у розвитку мінералогії (до 100-річчя заснування Українського геологічного комітету), *С. Кривдіка* про Na-астрофіліт Малотерсянського масиву (співавтори *О. Дубина*, *В. Шаригін*), *О. Андреева* про формули мінералів з високим вмістом радіогенних ізотопів (співавтори *А. Вальтер*, *А. Писанський*) та про рідкісні алюмофосфати палеопротерозойських пісковиків Волинського мегаблока Українського щита (співавтори *О. Хлонь*, *С. Савенок*), *В. Харитонова* про золотомісні мінали в складі ільменіту Носачівського родовища на Черкащині (співавтор *Т. Харитонова*),

О. Дубини про кайнозит із жильних сієнітів Пенizeвицького кар'єру (Коростенський плутон) (співавтори С. Кривдік, В. Шаригін, О. Митрохін).

Вечірнє засідання розпочалося презентацією сигнального видання книги “Здобутки мінералогії в Україні. До 100-річчя геологічної служби України та Національної академії наук України” (В. Павлишин, О. Матковський, О. Довгий, 2018), яку представив *О. Матковський*. Книга складається з передмови, чотирьох розділів (Український геологічний комітет і його ключові постаті; організація Української академії наук; сучасний стан мінералогії; мінералогічні наукові школи), висновків і літератури. На засіданні заслухано вісім доповідей, які були пов'язані зі структурами ударного метаморфізму в метеориті з умовною назвою “Велика Балка” (*Н. Кичань, А. Гіріч*), генезисом скелетних і зональних псевдомонокристалів (*Г. Кульчицька, І. Герасимець, В. Бельський*), типоморфними особливостями золота з кір звітрювання Сурської зеленокам'яної структури (*М. Ковальчук, В. Сукач*), мінералого-геохімічними закономірностями самоорганізації та еволюції карстових гідрогеологічних систем зони техногенезу соляних родовищ Карпатського регіону (*В. Дяків*), включеннями в цирконі з вулканічних порід підводного масиву Ломоносова (*К. Шнюкова*), впливом ендегенних процесів на осадове мінералоутворення (*П. Білоніжка, Ю. Дацюк*), золотоносністю Могилів-Подільської ділянки та напрямками її подальших досліджень (*М. Ковальчук, Л. Фігура, І. Капеліста*), специфікою газового режиму ефузивних процесів під час формування андезитів Вигорлат-Гутинського вулканічного пасма в Українському Закарпатті (*І. Наумко, Л. Скакун, Т. Бринський, Б. Сахно*).



У залі засідань XI Наукових читань.

Надзвичайно активним і тривалим було третє (ранкове) засідання 14 вересня. На ньому заслухано десять програмних доповідей і одну позапрограмну. Програмні доповіді стосувалися мінералогії та умов формування Mn-Fe зруденіння Завалівського графітового родовища (*Л. Скакун, В. Микитчин*), структурно-мінералогічних характеристик метеорита з умовною назвою “Велика Балка” (*В. Семененко, А. Гіріч, Н. Кичань*), речовинного складу бурштиноносних відкладів як індикатора умов бурштинонагромадження (*М. Криницька*), шліхового аналізу четвертинного алювіально-пролювіального

матеріалу верхів'їв р. Терек (Грузія) (О. Клевцов, А. Васін), кристаломорфології, геохімії та генезису карбонатних утворень Гірського Криму (В. Загнітко, В. Мороз, Л. Проскурка), особливостей морфології та хімічного складу піроксенів із порід Покрово-Кириївського масиву (В. Гаценко, О. Андреев), загальної характеристики тонкозернистої речовини примітивних хондритів (К. Шкуренко), критеріїв прогнозування мідного зруденіння в трапах Волині (В. Мельничук), пойкилітового нефеліну з маліньїтів Покрово-Кириївського масиву (С. Луньов).



Президент Українського мінералогічного товариства Ганна Кульчицька вручає медаль С. К. Лазаренка завідувачу геологічного музею коледжу геологорозвідувальних технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка Валентину Прокопцю.

Надзвичайно цікавою була позапрограмна доповідь В. Прокопця. У ній висвітлено результати геотуристичної поїздки зі студентами коледжу і геологічного факультету КНУ імені Тараса Шевченка в Туркменістан і Таджикистан, під час якої оглянуто й зібрано унікальні взірці мінералів – самородної сірки й целестину родовища Гаурдак, а також гіпсових, оніксових і арагонітових сталактитів та сталагмітів з Карлюцьких печер. Деякі з них подаровано в Мінералогічний музей імені академіка Євгена Лазаренка.

На завершальному засіданні відбулося досить активне обговорення заслуханих матеріалів, у якому взяли участь Л. Скакун, М. Ковальчук, Г. Кульчицька, В. Семененко, В. Харитонов, С. Кривдік, О. Клевцов, В. Загнітко, К. Шкуренко. Зазначено, що більшість тем доповідей стосувалась мінералів, пов'язаних з лужним магматизмом, золотоносності, метеоритів, міді з волинських базальтів.

В останній день Наукових читань проведено геологічну екскурсію по вулканітах Закарпаття під керівництвом Л. Скакуна. Під час екскурсії учасники ознайомилися з вулканічною структурою Обовського палеовулкана.

ДМИТРУ КОСТЯНТИНОВИЧУ ВОЗНЯКУ – 80!

Двадцять другого листопада 2018 р. виповнилося 80 років від дня народження і 58 років наукової діяльності відомого українського вченого, мінералога й геохіміка, дослідника включень мінералоутворювального середовища, доктора геологічних наук, завідувача відділу регіональної та генетичної мінералогії Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАН України Дмитра Костянтиновича Возняка. Це ім'я добре відоме науковій геологічній спільноті в Україні та за її межами в нерозривному зв'язку зі становленням нової галузі геологічних знань – учення про мінералоутворювальні флюїди (термобарогіохімії–мінералофлюїдології–fluid inclusions research).



Народився ювіляр у простій селянській родині на Лемківщині – споконвічній батьківщині українців, у с. Чорноріки повіту Кросно Жешувського воєводства (Польща), що нині входить до гміни Корчина Кросненського повіту Підкарпатського воєводства Польщі.

Тисяча дев'яност сорок п'ятий рік змінив долю Дмитра: на зачатках антиукраїнської операції “Вісла” його родину депортували до Радянського Союзу і примусово поселили в с. Чумаки Сталінської (нині Донецької) області Української РСР; у 1947 р. вдалося переїхати в с. Скнилівок у передмісті Львова, яке незабаром увійшло до складу міста. Тут у середній школі № 51 юнак здобув середню освіту, а потім вступив на геологічний факультет Львівського державного університету (ЛДУ) імені Івана Франка (1955).

Після закінчення навчання з отриманням кваліфікації інженер-геолог за спеціальністю *геохімія* молодий спеціаліст Дмитро Возняк розпочав 1960 р. трудову діяльність на посаді інженера Волинської експедиції Львівського геологічного товариства при геологічному факультеті ЛДУ імені Івана Франка. У 1962 р. він перейшов на роботу до відділу геохімії рідкісних і розсіяних елементів нафтогазоносних і вугленосних відкладів (з 1967 р. – відділ геохімії глибинних флюїдів) Інституту геології корисних копалин (з 1964 р. – Інститут геології і геохімії горючих копалин) АН УРСР (НАН України). Відділ очолював знаний уже тоді на теренах колишнього Радянського Союзу дослідник і теоретик учення про мінералоутворювальні флюїди, майбутній професор і лауреат Державної премії УРСР у галузі науки і техніки Володимир Антонович Калюжний. Дмитро вдало долав сходинки службового (старший лаборант, інженер, старший інженер, молодший науковий співробітник, керівник групи), професійного та наукового зростання. Він досконало оволодів методами вивчення включень у мінералах, плідно працював над деякими важливими теоретичними засадами вчення про мінералоутворювальні флюїди, провадив предметні дослідження включень у мінералах камерних пегматитів Волині, що стало його науковим захопленням і в підсумку заклало підґрунтя подальшої наукової праці.

Новий період життя й наукової діяльності Д. Возняка розпочався 1970 р., коли акад. С. Лазаренко, який очолював Інститут геологічних наук (ІГН) АН УРСР у Києві,

запросив його на навчання до аспірантури. Ось тоді й знадобилися напрацювання з вивчення включень у мінералах, головню, камерних пегматитів Волині, отримані за наукового керівництва В. Калюжного у Львові, адже вже через рік Дмитро достроково й успішно захистив кандидатську дисертацію на тему “Физико-химическая характеристика минералообразующих растворов периода формирования занорышей пегматитов Волины (по включениям в минералах)” (1971). Матеріали дисертації згодом залучили до двох монографічних зведень: “Мінералоутворюючі флюїди та парагенезиси пегматитів заноришевого типу України (рідкі включення, термобарометрія, геохімія)” (відп. ред. В. А. Калюжний, 1971) та “Мінералогія и генезис камерных пегматитов Волины” (Лазаренко, Павлишин, Латыш, Сорокин, 1973).



Д. Возняк (перший праворуч), С. Лазаренко, В. Павлишин та Ю. Костенко в одному з кар'єрів Приазов'я.

А вже з 1972 р. й донині ювіляр працює у відділі регіональної та генетичної мінералогії спочатку ІГН АН УРСР, а згодом – Інституту геохімії і фізики мінералів (ІГФМ) АН УРСР (з 2006 р. – Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення (ІГМР) імені М. П. Семененка НАН України) як молодший науковий співробітник, старший науковий співробітник (1976–1993), керівник лабораторії термобарогеохімії (1993–1996), провідний науковий співробітник (1996–2000), завідувач відділу (з 2000 р., а потім з 01.11.2004). Учене звання старшого наукового співробітника за спеціальністю “мінералогія, кристалографія” присвоєно Д. Возняку 1994 р.

Завдяки набуттю у Львові значних теоретичних знань і володінню даром експериментатора молодий дослідник вніс новий струм у роботу колективу, очолюваного Є. Лазаренком. Чого лише вартують його експериментальні розробки того часу з конструювання високоточної апаратури для термо- і криометричного аналізу, модернізації приставок і вузлів газового хроматографа тощо, спрямовані на якомога глибше вивчення включень мінералоутворювального середовища. А ще внесок у розробку теоретичних засад науки про включення: графічний метод визначення параметрів гомогенізації складних включень H_2O+CO_2 , обґрунтування використання післягенетичних перетво-

рень включень для характеристики процесів мінералогенезу, причини утворення “стільникової” тріщинуватості у кварці, використання “стільникового” кварцу як геотермометра. Водночас Д. Возняк виконував важливу держбюджетну тематику відділу й Інституту з вивчення мінералогії Донбасу, Криворіжжя, Приазов'я та інших гірничорудних регіонів України.



Дмитро Возняк (третій праворуч) серед співробітників відділу регіональної та генетичної мінералогії на чолі з С. Лазаренком, 1978.

У підсумку за багато років сформувалися такі основні напрями наукової діяльності вченого, як регіональна і генетична мінералогія, реконструкція умов утворення мінералів, порід, родовищ корисних копалин за флюїдними включеннями. Наукова новизна праць ученого полягає в охопленні ним розмаїтих геологічних об'єктів, кожен з яких мав специфічні умови ендегенного мінералогенезу та лише йому притаманні особливості параметрів стану і складу флюїдного середовища. Серед них – процеси формування золоторудних і рідкіснометалевих родовищ у метаморфічних комплексах Українського щита (УЩ), умови мінералогенезу в кімберлітах різних регіонів світу, пегматитах Волині, вулканітах Закарпаття й північного заходу УЩ, серед осадових порід Карпат, Криму, Донбасу, а також вплив радіаційних чинників на мінеральні перетворення. Новаторський підхід дав змогу вченому чисельно відтворити фізико-хімічні й термодинамічні параметри мінералоутворювальних процесів і, що найважливіше, з'ясувати низку спільних і відмінних рис між такими параметрами, як температура, тиск, сольовий і газовий склад тощо. Тому дослідницькі набутки науковця виявились надзвичайно багатогранні й неординарні.

Зокрема, Д. Возняк з'ясував роль високотермобаричних потоків CO_2 -флюїду в ендегенному мінералоутворенні як можливого засобу перенесення речовини з глибин мантії у верхні горизонти земної кори. Доведено, що вони брали участь у формуванні різних геологічних об'єктів УЩ: Майського золоторудного родовища (Голованівська шовна зона), літєвих пегматитів західної частини Кіровоградського блока (родовища Полохівське, Надія, Станкуватське), камерних пегматитів Волині, які пов'язані з глибинними

розломами. Високі PT -параметри консервації включень рідкого CO_2 ($\geq (1112 \pm 7)^\circ\text{C}$ і $\geq (820 \pm 120)$ МПа у кварці Майського родовища та $\geq (1180\text{--}1240)^\circ\text{C}$ і $\geq (470\text{--}870)$ МПа у літєвих пегматитах) однозначно свідчать про їхнє локальне поширення (фіксовані у кристалах мінералів на шляху руху флюїдів), а не визначені PT -параметрами регіонального метаморфізму. Обчислена мінімальна глибина припливу флюїдних потоків CO_2 перевищувала 41 ± 6 км для Майського родовища і 44 км для літєвих пегматитів родовища Надія.



Серед учасників Міжнародного симпозиуму “Мінералогічні музеї”, Санкт-Петербург, 2005.
Зліва направо: Б. Манчур, Д. Возняк, О. Матковський, В. Павлишин.

Схарактеризовано генетичні аспекти природних несилікатних розплавів, насамперед, кристалізацію циркону кімберлітового типу, що парагенний до діаманту кімберлітів. Незалежно від розташування (Республіка Саха–Якутія, ПАР, Бразилія), на відміну від золоторудних і рідкіснометалевих родовищ УЩ, флюїдне середовище кристалізації циркону представлене несилікатним мінералоутворювальним флюїдом широкого діапазону складу – від безводних сольових розплавів, основу яких становить карбонат (кальцит), до багатого на воду флюїду. За даними про обопільне розтріскування цих двох типів включень ще до викиду циркону з глибин верхньої мантії на поверхню Землі зроблено висновок, що поява значної кількості води в рідкій фазі астеносфери передувала їй, найімовірніше, спричинила виверження силікатної магми та утворення кімберлітових трубок, дайок, силів.

Визначено гетерогенність флюїду, складовою якого теж був сольовий розплав, під час формування за температури $(925\text{--}1000) \pm 15^\circ\text{C}$ і тиску 0,20–0,25 МПа анортотлазу (санідину) олівінових дацитів Закарпаття. Це могло бути зумовлене вкоріненням магматичного силікатного розплаву в приурочені до міоценових глинистих відкладів породи, що містять соленосні товщі. Доведено, що з незмішуваних фаз розплаву (силікатної і рудної, оксидної) росли кристали кварцу кварцового порфіру с. Рудня Осошня на північному заході УЩ.

За включеннями у мармароських “діамантах” серед осадових порід Карпат, Донбасу і Криму Д. Возняк схарактеризував високобаричні суттєво метанові (на відміну від

діоксидвуглецевих включень у мінералах метаморфічних порід) флюїди. Крім впливу α -частинок радіоактивних мінералів на перетворення вмісної речовини, визначено вагомий вплив γ -опромінення на перетворення метану в закритій системі, якою є суттєво метанові включення у кварці. Ці нові підходи до вивчення мінеральних і флюїдних включень дають підстави звернути більшу увагу на виявлення впливу хоч і незначних, однак тривалих у геологічному часі доз радіаційних потоків на формування складу флюїдів.

Унаслідок вивчення речовинного складу об'єктів гало навколо включень монациту й циркону в кордієриті визначено, що під впливом α -частинок, випромінюваних монацитом і цирконом, відбувається перетворення кордієриту в аморфізовану речовину, причому процес відбувається з винесенням і привнесенням окремих хімічних елементів і сполук, зокрема, з привнесенням CO_2 . Чи не вперше визначено абсолютний вік кристалів топазу з пегматитів Волині за включеннями в ньому радіоактивних мінералів – уранініту, циркону, монациту і флюоцериту. Це може бути важливим додатковим методом визначення приблизного віку низки геологічних об'єктів.



Дмитро Возняк (перший праворуч) серед учасників Десятих наукових читань імені акад. Євгена Лазаренка. Спортивно-оздоровчий табір “Карпати”, 2016.

Стосовно обґрунтування нових мінералогічних термобарометрів, зокрема, “стільникового” кварцу, то Д. Возняк довів, що інверсійна тріщинуватість виникає не через різке багаторазове охолодження β -кварцу, як уважали раніше, а утворюється внаслідок $\beta \rightarrow \alpha$ -переходу з метастабільного стану на тлі еволюційної зміни PT -параметрів природного мінералогенезу. Температуру гомогенізації включень у цьому кварці запропоновано використовувати для оцінювання ерозійного зрізу різних ділянок Володарськ-Волинського пегматитового поля. Водночас така типоморфна відміна “стільникового” кварцу, як “стільниковоподібний” кварц, на завершальному етапі становлення пегматитів зазнала лише короткочасного різкого підвищення температури, вона притаманна пегматитам з некондиційною кристалосировиною у занірках.

Практичне значення досліджень Д. Возняка для розшуково-розвідувальної практики полягає у виявленні високотермобаричних потоків рідкого CO_2 як критерію локалізації

золотого зруденіння у метаморфічних комплексах УЩ. Знахідки циркону з включеннями сольових розплавів запропоновано трактувати як показник наявності кімберлітів, що важливо для їхніх розшуків в Україні, а *PT*-параметри інверсії кварцу в камерних пегматитах Волині можна використовувати для оцінки ерозійного зрізу та глибини поширення пегматитових тіл.

Ці та інші фундаментальні результати стали підґрунтям докторської дисертації Дмитра Костянтиновича на тему “Флюїдні включення у мінералах як індикатори ендегенного мінералоутворення”, яку він захистив 2003 р. за спеціальністю 04.00.20 – мінералогія, кристалографія. Працю згодом опубліковано як монографію “Мікрровключення та реконструкція умов ендегенного мінералоутворення” (2007). У ній автор підвів підсумок власних досліджень включень у мінералах, навів критичний аналіз праць попередників з відтворення різноманітних процесів ендегенного мінералоутворення в літосфері Землі – від найбільш високотемпературних і високобаричних (мантіїні мінерали) до низькотемпературних і низькобаричних гідротермальних (утворення на кшталт мармароських “діамантів”).

Наголосимо, що Дмитро Возняк як учений сформувався у Львові, і він по праву належить до знаних фахівців мінералогічної школи академіка Лазаренка, яку започатковано у Львові, та львівської школи термобарогеохімії (Микола Єрмаков)–мінералофлюїдології (Володимир Калюжний), однак без київського періоду його діяльність не набула б завершеного вигляду, справжнього академізму!

Перу вченого належить понад 300 друківаних праць, серед яких оригінальні статті, матеріали й тези доповідей нарад і конференцій різного рангу; він є співавтором таких монографій, як “Мінералогія Донецького басейна” (1975), “Мінералогія Криворозького басейна” (1977), “Мінералогія Приазов'я” (1981), “Мінерали України. Краткий справочник” (1990), “Методи генетичної мінералогії” (2002), двох книг із серії “Мінерали Українських Карпат” – “Борати, арсенати, фосфати, молібдати, сульфати, карбонати, органічні мінерали і мінералоїди” (2003) і “Процеси мінералоутворення” (2014) та ін. Отримані Д. Возняком вагомі результати використано для написання й інших фундаментальних наукових праць і навчальних посібників. Він є співавтором численних науково-дослідних звітів з бюджетної та договірної тематики.

Дмитро Костянтинович брав активну участь у роботі багатьох міжнародних, всесоюзних і вітчизняних наукових конференцій з проблем учення про мінералоутворювальні флюїди, мінералогії та геохімії. Дійсний член Українського (та Всесоюзного) мінералогічного товариства, член Наукового товариства ім. Шевченка, його нагороджено медаллю “За внесок у мінералогію” імені Є. К. Лазаренка (2010) – нагородою Спілки геологів України та Українського мінералогічного товариства, заснованою на честь видатного мінералога і культуролога, громадського й політичного діяча акад. Є. Лазаренка.

Наукова праця вченого невіддільна від його науково-організаторської та громадської діяльності, активної громадянської позиції, високого патріотизму. Він підготував і сприяв виданню книги талановитого науковця Б. Заціхи “Кристаллогенез і типоморфні особливості мінералів ртутного і флюоритового орудення України” (1989), основою якої була докторська дисертація Богдана Володимировича, яку він, на жаль, не встиг захистити через хворобу й передчасну смерть. Дмитро Возняк – член редакційної колегії журналу “Записки Українського мінералогічного товариства”, член ученої ради Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАН України,

член комісії Українського мінералогічного товариства з присудження премії імені академіка Є. К. Лазаренка.

І радості, і серйозні випробування долі на життєвих перехрестях ювіляр переживав разом з дружиною Ларисою Олексіївною. Він – товариська й комунікабельна особистість, щира й відповідальна людина, дисциплінований і сумлінний працівник, який має довір'я й авторитет у колективі. І колеги та друзі відповідають йому взаємністю.

Зичимо Вам, вельмишановний і дорогий Дмитре Костянтиновичу, доброго здоров'я й гараздів, здійснення усього задуманого у науковому і творчому довголітті в ім'я майбуття мінералогічної науки в Україні!

З роси та води! Многая і Благая Літа!

*Ігор Наумко, Орест Матковський, Микола Павлунь, Леонід Скакун, Ігор Бакуменко,
редколегія “Мінералогічного збірника”*

ЗМІСТ

<i>Орест Матковський, Володимир Павлишин</i> УНІВЕРСИТЕТСЬКИЙ ПЕРІОД СТАНОВЛЕННЯ Й РОЗВИТКУ ОПИСОВОЇ МІНЕРАЛОГІЇ В УКРАЇНІ (XIX ст.–1940-ві роки)	3
<i>Віра Семененко, Аеліта Гіріч, Наталія Кичань</i> МЕТЕОРИТ З УМОВНОЮ НАЗВОЮ “ВЕЛИКА БАЛКА”: МІНЕРАЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА І КЛАСИФІКАЦІЯ	27
<i>Николай Зинчук</i> ПРИКЛАДНОЕ ЗНАЧЕНИЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМАЦИИ ДРЕВНИХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ	34
<i>Дарія Сидор, Анатолій Галамай, Фанвей Менг</i> ПІРОТИНОВА МІНЕРАЛІЗАЦІЯ У ГАЛОГЕННИХ ВІДКЛАДАХ ВЕРХНЬОКАМСЬКОГО РОДОВИЩА КАЛІЙНО-МАГНІЄВИХ СОЛЕЙ (ТЕРМОБАРОГЕОХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ)	52
<i>Михайло Матрофайло, Володимир Лазар, Микола Король, Ярослава Яремчук</i> МОРФОЛОГІЯ ПРОМИСЛОВИХ ПЛАСТІВ І МІНЕРАЛЬНИЙ СКЛАД НЕОРГАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ВУГІЛЛЯ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ	62

ХРОНІКА

<i>Орест Матковський, Леонід Скакун, Надія Словотенко</i> ОДИНАДЦЯТИ НАУКОВІ ЧИТАННЯ ІМЕНІ АКАДЕМІКА ЄВГЕНА ЛАЗАРЕНКА	75
ДМИТРУ КОСТЯНТИНОВИЧУ ВОЗНЯКУ – 80!	79