

ISSN 2078-6425

ВІСНИК
ЛЬВІВСЬКОГО
УНІВЕРСИТЕТУ

СЕРІЯ ГЕОЛОГІЧНА

Випуск 34

2020

VISNYK | **ВІСНИК**
OF THE LVIV | **ЛЬВІВСЬКОГО**
UNIVERSITY | **УНІВЕРСИТЕТУ**

Geology Series

Серія геологічна

Issue 34

Випуск 34

Scientific journal

Збірник наукових праць

Published 1 issue per year

Виходить 1 раз у рік

Published since 1962

Виходить з 1962 р.

Ivan Franko
National University of Lviv

Львівський національний
університет імені Івана Франка

2020

Друкуються за ухвалою Вченої ради
Львівського національного університету
імені Івана Франка.
Протокол № 23/12 від 29.12.2021 р.

Свідоцтво про державну реєстрацію
друкованого засобу масової інформації.
Серія KB №14609-3580P від 28.10.2008 р.

Опубліковано матеріали з актуальних питань структурно-тектонічних досліджень, літології, організації роботи з обдарованою молоддю на геологічному факультеті ЛНУ, історії науки.

Materials on topical issues of structural and tectonophysical research, lithology, organization of work with gifted youth at the Faculty of Geology of Lviv National University, history of science have been published.

Редакційна колегія:

д-р геол. наук, проф. *М. М. Павлуць* (головний редактор); канд. геол.-мін. наук, доц. *П. М. Білоніжка* (відповідальний секретар); д-р геол.-мін. наук, проф. *О. Б. Бобров*; проф. *М. Бомбель* (Польща); проф. *І. Буйнівич* (США); д-р геол. наук, проф. *В. М. Гулій*; д-р геол.-мін. наук, проф. *В. П. Кирилюк*; д-р геол.-мін. наук, проф. *Ю. З. Крупський*; проф. *П. Кишвець* (Польща); д-р геол.-мін. наук, проф. *Р. Й. Лецих*; д-р фіз.-мат. наук, проф. *В. Ю. Максимчук*; д-р геол.-мін. наук, проф. *О. І. Матковський*; д-р геол.-мін. наук, проф. *М. І. Павлюк*; д-р геол.-мін. наук, проф. *В. М. Ковалевич*; д-р геол.-мін. наук, проф. *М. С. Ковальчук*; канд. геол.-мін. наук, доц. *П. К. Волошин*; канд. геол.-мін. наук, доц. *Л. З. Скакун*; д-р геол.-мін. наук, проф. *О. С. Ступка*; д-р геол.-мін. наук, проф. *В. І. Узіюк*; д-р геол. наук *В. О. Федюшин*; д-р геол. наук *Ю. І. Федоришин*; канд. фіз.-мат. наук, доц. *В. В. Фурман*; д-р геол.-мін. наук *Г. М. Яценко*.

Editorial Board:

Professor *M. Pavlun* – Editor-in-Chief,
Assistant Professor *P. Bilonizhka* – Managing Editor.

Відповідальний за випуск д-р геол.-мін. наук, проф. *Микола Павлуць*
Упорядники: *П. Білоніжка, О. Полубічко*

Адреса редколегії:

Львівський національний
університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4,
Львів, Україна, 79005
тел.: (38) (032) 272-80-56
www.lnu.edu.ua/faculty/geology/Science/visnyk_geol.htm

Editorial office address:

Ivan Franko National
University of Lviv,
4, Hrushevskij Str.,
Lviv, Ukraine, 79005
tel.: (38) (032)272-80-56

Редактор Р. СПРИНЬ

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. Зам.

© Львівський національний університет
імені Івана Франка, 2020

УДК 551.24.035 (477.8)

АНАЛІЗ ГЕОДАНИХ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ПОЛЬОВИХ СТРУКТУРНИХ ТА ТЕКТОНОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОМП'ЮТЕРНИМИ ПРОГРАМАМИ *STEREONET*

Юрій Віхоть^{1,2}, Ігор Бубняк², Соломія Кріль¹

©

¹Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005
e-mail: yuvik@ukr.net, solia_kr@ukr.net;

²Національний університет "Львівська політехніка",
вул. Карпінського, 6, Львів, Україна, 79013
ihor.m.bubniak@lpnu.ua

У статті продемонстровано способи аналізу та візуалізації польових даних на прикладі просторових замірів особливостей найпоширеніших структур у флішових відкладах Українських Карпат за допомогою комп'ютерних пакетів *Stereonet*. Аналіз великої кількості даних про просторову орієнтацію структур, заміряних під час польових досліджень, потребує їхнього швидкого, ефективного, головню, якісного графічного представлення на стереографічних проєкціях.

Показано комп'ютерні способи комплексної візуалізації великої кількості просторових даних на стереографічних проєкціях. Програмні пакети – *OpenStereo*, *Stereo32*, *StereoNett*, *Stereonet 10* – дають можливість вносити, зберігати, доповнювати, редагувати та відображати структурні дані на стереографічних проєкціях – сітках Вульфа, Шмідта, полярній сітці, верхній та нижній півсферах тощо. На основі заміряних даних про елементи залягання площинних та лінійних структур (тріщин, дзеркал та рис ковзання, площини нашарування, кальцитових та іншого мінерального складу жил та ін.) відслонень крейдово-палеогенових порід Українських Карпат побудовано стереограми, розо-діаграми та інші види діаграм з використанням *OpenStereo*, *Stereo32* та *StereoNett*. Комплексне використання пакетів *Stereonet* сприяє швидкому та якісному представленні, дає змогу аналізувати результати структурних і тектонофізичних досліджень, що необхідно для подальшої геологічної та геофізичної інтерпретації. Візуалізація просторових даних польових спостережень сприяє якісній і кількісній інтерпретації результатів досліджень та вирішенню важливих завдань структурної геології та тектонофізики (реконструкції параметрів напружено-деформованого стану, визначенню напрямів стиснення, розтягнення, кількісних характеристик геодинамічних умов тощо).

Ключові слова: Українські Карпати, візуалізація, *Stereonet*, структурні та тектонофізичні дані, площинні та лінійні структури, стереограми, розо-діаграми.

Вступ. Польові структурні та тектонофізичні дослідження у межах регіонів із складною геологічною будовою, тектонікою (Карпат, Криму, складчасто-насувних регіонів) передбачають аналіз різноманітних за розмірами та формою структур на відслоненнях. За вивченням особливостей таких структур проводиться реконструкція тектонічних параметрів під час формування таких ділянок.

Будь-які площинні та лінійні структури, що є об'єктами досліджень у тектонічних районах зі складною будовою, потребують вимірювання просторових даних, що необхідно для подальшого їхнього структурного та тектонофізичного аналізу з вивчення, наприклад, змін напружено-деформованого стану під час формування складчасто-насувної будови, або визначення етапів формування структур. Велика кількість заміряних просторових даних, серед яких, наприклад, елементи залягання тріщин, дзеркал та рис ковзання, напластувачів, орієнтації жил різного мінерального складу (кальцитових, арагонітових тощо), розломів різних типів, кластичних дайок, складок та інших структур, потребує їхнього комплексного нанесення на стереографічні проекції з подальшим доповненням новими даними, редагуванням, аналізом та візуалізацією результатів структурних та тектонофізичних спостережень.

Застосування пакетів комп'ютерних програм суттєво полегшує нанесення тривимірних структурних даних на стереографічні сітки (Вульфа, Шмідта, полярній). Використання комп'ютерних технологій під час аналізу досліджень структурної геології та тектонофізики почалося ще з середини 80-х років минулого століття [1]. Комп'ютерний спосіб опрацювання даних допоміг отримати нові результати у геологічному аналізі даних та інформації, що були отримані під час польових структурних спостережень. Поява комп'ютерних програм забезпечила можливість швидкого нанесення даних на стереографічні проекції, замінивши їх традиційне відображення даних за допомогою олівця на папері на стереографічних сітках. Польові геодани почали записувати та впорядковувати на комп'ютерах (персональних ПК, кишенькових портативних КПК, захищених ноутбуків), а навіть безпосередньо і на відслоненнях у польових умовах за допомогою спеціальних планшетів Fieldbook, смартфонів, айфонів тощо.

Постановка проблеми. Розвиток новітніх геоінформаційних технологій протягом останніх десятиліть у структурній геології та тектонофізиці дає можливість якісніше виконувати заміри структурних даних під час польових спостережень у комплексі з використанням просторової прив'язки об'єктів досліджень. Заміри структурних даних у флішових відкладах можна проводити традиційно за допомогою існуючих компасів типу Фрайберг (Freiberg), Брайтхаупт (Breithaupt) або гірничо-геологічного КГГ-1, що за одне використання дає змогу виміряти дві структурні величини, а прив'язку проводити за допомогою GPS-навігаторів. Однак поява смартфонів, айфонів, планшетів із вмонтованими модулями глобального позиціонування GPS, акселерометра та наявності додатків з функціями компаса дає можливість набагато швидше та точніше проводити польові спостереження, записувати польові структурні заміри на відслоненнях флішових відкладів Українських Карпат. Зазначимо, кількість структурних замірів з використанням останнього способу зростає в рази. Крім того, структурні геодани можна зберігати безпосередньо у пам'яті телефона, а згодом імпортувати їх на комп'ютер без затрат часу на повторне введення їх для комп'ютерного опрацювання на стереографічних проекціях, що також значно пришвидшує процес аналізу даних від польового етапу до кінцевого представлення результатів.

Швидке та якісне опрацювання тривимірних просторових польових даних на стереографічних проекціях неможливе без комп'ютерного використання відповідних програмних пакетів для структурної геології, які в останні десятиліття набули широкого розвитку. Іншою важливою передумовою застосування пакетів комп'ютерних програм для аналізу таких даних є те, що у кожній із них є вже закладені сучасні методи аналізу структурних та тектонофізичних даних.

Одними із таких є програмні пакети серії *Stereonet*, що працюють на майже усіх існуючих операційних системах. Кожен програмний пакет *Stereonet* потребує введення даних у відповідній формі запису для певних структур (тріщин, дзеркал та рис ковзання, розломів та їх кінематичних типів та ін.), що, зрештою, забезпечує якісну візуалізацію та комплексний аналіз структурних даних усіх проаналізованих структур.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні є досить багато публікацій, у яких описано програмні пакети *Stereonet* для різноманітних операційних систем (*Windows*, *Mac OS X*, *Linux*) [1–3]. Крім того, трапляються праці, у яких описують окремі програмні додатки, що допомагають опрацьовувати структурні дані і є модулями таких програмних забезпечень, як *QGIS*, *ArcGis Desktop* та ін. [4, 5]. Останніми роками деякі розробники спеціалізованого геологічного програмного забезпечення створюють додатки з функціями *Stereonet* (*Stereonet Mobile*, *FieldMove Clino*, *Stereonet (Visible Geology)* та ін.) для смартфонів, що працюють на мобільних операційних системах *Android OS*, *iOS* [6–8] і попередньо опрацьовують структурні дані і наносять їх на стереографічні сітки безпосередньо вже у польових умовах.

За останні десятиліття все частіше і частіше з'являються публікації, у яких використовують програмні пакети для візуалізації даних у структурній геології, тектоніці, геодинаміці та інших споріднених науках про Землю (інженерна геологія, сейсмологія тощо), що мають справу з великою кількістю спеціалізованих, тривимірних та картографічних даних з просторовою прив'язкою. Публікації з використанням різноманітних програм *Stereonet* для аналізу геоданих у структурній геології та тектонофізиці є не тільки поширеними, а й вибірковими, оскільки ці додатки та програми, насамперед, є доволі новими. Кількість додатків *Stereonet* зростає надто швидкими темпами та впроваджується у різні науки про Землю. Використання програмного забезпечення для аналізу структурних та тектонофізичних даних, безумовно, заслуговують на увагу. Крім того, однією із найбільших переваг є те, що програмні пакети *Stereonet* є у вільному доступі.

Мета статті – продемонструвати способи аналізу та візуалізації просторових структурних та тектонофізичних даних на прикладі вибраних структур флішового комплексу Українських Карпат за допомогою пакетів комп'ютерних програм – *OpenStereo*, *Stereo32*, *StereoNett*, *Stereonet 10* та показати різноманітні способи опрацювання та візуалізації просторових геоданих.

Виклад основного матеріалу. Під час польових структурних та тектонофізичних спостережень предметом досліджень є аналіз площинних та лінійних структур (рис. 1). Найпоширенішими площинними структурами на відслоненнях Українських Карпат є: тріщини, дзеркала ковзання (площини розлому), зміна напластування порід, кластичні дайки (рис. 1, *a–z*), жильні утворення різного мінерального виповнення, крила та осьові поверхні складок, площина зміщувача піднятого та опущеного блоків за різних тектонічних режимів (скидовому, підкидовому, зсувному), контакти різних за віком гірських порід тощо. До лінійних структур належать, насамперед, риси на площинах дзеркал

ковзання, шарніри та крила складок (рис. 1, *д, е*), а також лінії, що свідчать про напрям транспортування осадового матеріалу, визначені за багатьма структурно-текстурними та іншими особливостями, та будь-які уявні лінії, утворені перетинами кількох площин тощо.

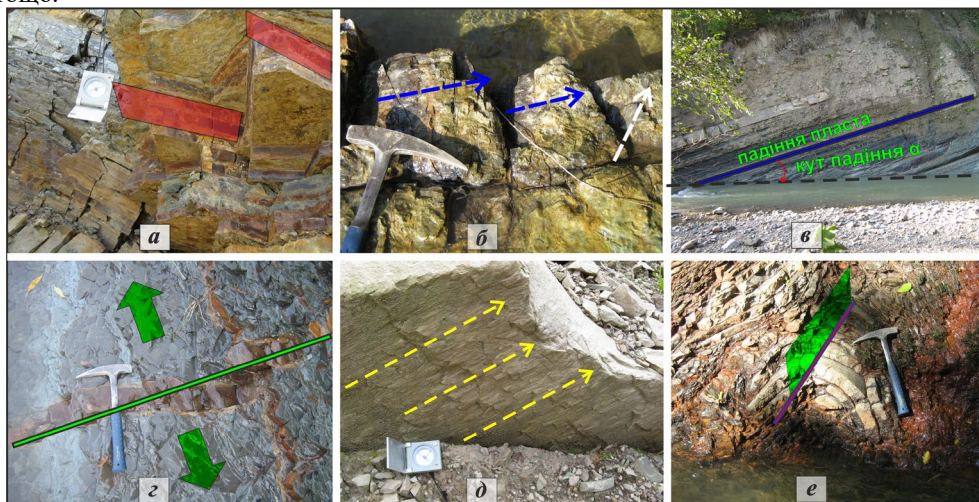


Рис.1. Приклади найпоширеніших площинних (*а-с*) та лінійних (*д, е*) структур у відслоненнях Скибового покриву Українських Карпат (*а* – тріщини; *б* – дзеркала ковзання; *в* – шаруватість порід; *с* – кластична дайка у палеогенових відкладах; *д* – риси на площині дзеркала ковзання; *е* – шарнір та крила складки)

Ці дані містять цінну інформацію про напружено-деформований стан та про будь-які тектонічні рухи під час формування геологічної структури у межах певних тектонічних регіонів.

Серед комп'ютерних програм, що використовують для аналізу характеристик просторових структурних даних, є такі пакети *Stereonet*: *Stereonet 10* (R. Allmendinger) [3, 9, 10], *OpenStereo* (C. Grohmann, G. Campanha) [11, 12], *StereoNett* (J. Duyster) [13], *Stereo32* (автори K. Röller, C. Trepmann) [14]. Ці пакети програм працюють на усіх існуючих операційних системах: *Mac OS X*, *Linux*, *Windows (2000, XP, Vista, 7, 10)*. Усі вони мають безкоштовні ліцензії на вільне користування, або загальну публічну ліцензію (GNU license), що дає змогу використовувати їх у навчальних (некомерційних) цілях. Вільний доступ до програм і можливість їхнього вільного завантаження з Інтернету сприяє широкому застосуванню та поширенню.

Програмний пакет *Stereonet 10*, автором якого є професор Р. Альмендінгер з Корнельського університету (США), працює під різними операційними системами – *Windows*, *Mac OS X*, *Linux* [10]. Програма дає можливість вводити як лінійні, так і площинні дані на різних стереографічних сітках (Вульфа, Шмідта, полярній), а також записувати текстові дані, проводити аналіз форм складок, визначати кут між двома точками на сфері тощо.

Отримані результати у програмі *Stereonet 10* у вигляді різноманітних діаграм можна зберегти як файл формату *.pdf для імпорту в інші програми. Крім того, результати

можна зберігати як масштабовану векторну графіку у форматі *.svg – відкритий векторний формат із високою роздільною здатністю, який відкривають через усі основні веб-браузери та більшість сучасних програм векторної графіки (наприклад, *Adobe Illustrator*, *EazyDraw*, *CorelDraw* тощо). Така графіка має багато характеристик і є найкращою для використання та редагування, а також для комплексного аналізу отриманих результатів. Діаграми можна також зберігати в інших, поширеніших, форматах, наприклад *.emf, *.tiff.

Особливістю *Stereonet 10* є те, що вона допомагає фіксувати положення точок з елементами залягання на карті *Google Earth*. Ця програма дає можливість експортувати файл формату *.kml з географічними тривимірними символами простягання, падіння та характеристиками лінеаментів. Після збереження файл з 3-D-символами можна відкрити у програмі *Google Earth*. Швидка побудова і відображення 3D-символів є чудовим демонстраційним зображенням для розуміння взаємозв'язку між структурними замірами та геологічними особливостями на певній досліджуваній території. Це допомагає виявити відмінні значення простягання, падіння чи кутів падіння вже безпосередньо у полі, що сприяє більш достовірній інформації під час аналізу та комплексній інтерпретації інших структурних геоданих. Ще однією вагомою перевагою застосування програми *Stereonet 10* є те, що у ній завантажують дані, збережені раніше у хмарному середовищі через сайт *StraboSpot* (<https://strabospot.org/>), що дає можливість доповнювати структурні дані, отримані у різний час і різними дослідниками, та визначати важливі ділянки для подальших структурних досліджень, або складних ділянок.

Зауважимо, що розробником програми *Stereonet 10* є структурний геолог Р. Альмендінгер, який вимогливо ставиться до цієї програми та бере до уваги актуальні потреби і способи вирішення завдань під час аналізу даних у структурній геології. Оскільки він використовує програму для опрацювання власних даних, тому під час виникнення будь-яких помилок чи появи нових методів у програму швидко вводяться виправлення, що можна побачити по динаміці виходу нових версій [10]. Крім того, прототипом цієї програми є мобільний додаток, розроблений для айфону, який використовує операційну систему *iOS* – *Stereonet Mobile* [7]. Оскільки сучасні смартфони, айфони, айпади оснащені численними датчиками, які допомагають проводити збір даних про орієнтацію для структурної геології зі швидкістю на порядок швидше, ніж традиційні аналогові компаси. Швидкість вимірювань такими приладами дає змогу польовим структурним геологам фіксувати у точках спостереження значну кількість польових структурних даних за порівняно короткий проміжок часу та отримати попередню інтерпретацію на екрані телефону вже у польових умовах.

Іншою програмою є *OpenStereo* за авторства К. Грохмана та Г. Камана з університету Сан Пауло (Бразилія). Програма написана на мові Python і працює на різних операційних системах [11, 12], а для системи *Windows* розроблено портативну версію, яка може працювати на комп'ютері або ноутбучі без установлення, відразу після запуску. *OpenStereo* дає змогу наносити площинні дані на стереографічних проекціях у різних формах – у вигляді великих дуг, перпендикулярів до площин, лінійних даних, виконувати побудову густини контурів (контурні діаграми), роз-діаграм, діаграм зі статистичними параметрами, вимірювати кути, обчислювати власні вектори та значення, будувати контури площинного набору геоданих тощо.

У програмі *OpenStereo* можна імпортувати лінійні, площинні дані, дані дзеркал ковзання, записані у різних форматах запису геоданих (азимут падіння, азимут простяган-

ня, тренд (азимут падіння), планж (кут падіння)), та зображати їх у вигляді різноманітних діаграм у межах одного проекту. Особливістю цієї програми є те, що у ній в одному проекті можна аналізувати різноманітні структурні та тектонофізичні дані з однієї, або декількох точок спостереження для побудови комплексних діаграм, а також для порівняння та зіставлення однотипних геоданих по різних точках або відслоненнях досліджуваного району, наприклад, для території Українських Карпат під час вивчення і визначення основних напрямків тріщинуватості у флішових відкладах, аналізу дзеркал ковзання, а також комплексних досліджень за різними типами структур [15-28].

У *OpenStereo* є можливість зберігати проект з усіма налаштуваннями. Існує два типи файлів проекту: звичайний та упакований. Вони обидва використовують розширення **.openstereo*. Головна відмінність полягає в тому, що упаковані проекти містять файли даних усередині них, щоб полегшити обмін проектами. Упаковані проекти можна розпакувати в каталог за допомогою відповідних команд програми. Якщо *OpenStereo* не може знайти дані під час відкриття проекту, він запитує місцезнаходження файлу на комп'ютері. Щоб полегшити цей процес для кожного місцеположення, яке надається, програмне забезпечення намагатиметься знайти інші файли як щодо файлу проекту, так і щодо вказаних місць, що значно спрощує пошук та відкриття проекту.

У *OpenStereo* неможливо редагувати початкові дані безпосередньо в програмі. Проте це не є недоліком. Оскільки у файлах даних проекту є можливість змінювати, або вносити необхідні поправки, і після відкриття у програмі *OpenStereo* ці зміни автоматично оновляться і, відповідно, можна швидко перебудувати діаграми. Імпортують дані з багатьох форматів. За відповідного запису дані переносять з текстового файлу формату **.txt*, а також з таблиць *Microsoft Excel*. Крім того, *OpenStereo* підтримує також файли формату **.csv*, у якому поля відокремлюються спеціальними символами (роздільниками). Цей формат є дуже простим форматом даних для подання табличних даних і підтримується великою кількістю систем керування базами даних і мовами програмування. Тому його часто використовують для перенесення даних між різними базами даних та програмами. Зазначений формат підтримують більшість програм-редакторів електронних таблиць, такі як *OpenOffice.org Calc*, *LibreOffice*, *Microsoft Excel* та ін.

Особливістю та однією із переваг програми *OpenStereo* є те, що вона дає змогу вводити кінематичні дані за дзеркалами ковзання і за її допомогою можна відобразити вектори переміщення залежно від кінематики розлому. Крім того, у програмі будують діаграми зі статистичними параметрами для проведення статистичного аналізу.

Ще однією перевагою програми *OpenStereo* є те, що вона імпортує дані з інших програм, що дає змогу теж проводити аналіз напружено-деформованого стану за кінематичними та структурними даними, таких як *T-TECTO* і *TectonicsFP*, що розроблені на основі однієї з перших програм структурної геології *TektonikQB*. Отже, дані, внесені до багатьох найпопулярніших програм, можна відкривати та опрацьовувати у програмі *OpenStereo*, що сприяє побудові і порівнянню отриманих даних.

Програма *OpenStereo* допомагає експортувати дані у різних растрових та векторних форматах **.eps*, **.emf*, **.png*, **.ps*, **.raw*, **.svg*. Проте універсальними і зручними є формати – **.pdf*, **.svg*. Рисунки з діаграмами у цих форматах легко завантажити і відкрити у всіх векторних редакторах, які дають можливість редагувати підписи та зіставляти різні типи діаграм.

Іншими подібними програмами є *StereoNett*, *Stereo32*. Головне завдання цих програм – нанесення полюсів для площин, великих кругів, векторів переміщення дзеркал

ковзання, побудова роз-діаграм, проведення ротації структурних даних тріщинуватості тощо. Проте ці програми мають деякі особливості і написані для певних конкретних потреб.

Програма *StereoNett*, автором якої є Ж. Дайстер (Інститут геології університету м. Бохум, Німеччина), найкраще підходить для опрацювання тріщин [15–28]. Ця програма для опрацювання даних тріщинуватості має чимало переваг: простота використання, внесення великої кількості даних замірів тріщин. Основною перевагою, є те, що може послугувати під час вибору для аналізу матеріалів польових досліджень, що за її допомогою можна швидко змінити початкові значення елементів залягання тріщин, що були заміряні безпосередньо у відслоненнях за сучасного залягання товщ, до значень, які відповідали первинному залягання пласта ще до початку процесів складко- та насуютворення, тобто провести так звану «ротацію даних», що вручну зробити є досить складно, зважаючи на велику кількість даних. У програмі є можливість побудови векторів переміщення для аналізу даних дзеркал ковзання.

Автоматичне приведення шару у початкове доскладчасте положення у *StereoNett* значно підвищує ефективність та швидкість опрацювання даних, при тому, що кількість заміряних тріщин у кожній точці спостереження може сягати двохсот значень, і дає змогу виділяти різні типи та відносний вік формування тріщин. Хоча, варто зауважити, усі пакети *StereoNett* виконують функцію повернення деформованого шару гірських порід у первинне доскладчасте положення.

Поряд з перевагами програма *StereoNett* має і суттєвий недолік. Основним недоліком є те, що вона не запускається на *Windows 7, 10*. Проте завдяки простоті користування, внесенні площинних та лінійних даних, здійсненню автоматичного повернення площини нашарування до початкового первинного залягання шарів та запуску без установлення ця програма є досить зручною і заслуговує на увагу. Численні дані з Українських Карпат були опрацьовані з допомогою цієї програмою [15–28].

Іншою програмою є *Stereo32*, авторами якої є К. Реллер та К. Трепманн [14]. Вона, як і більшість подібних програм, дає змогу опрацьовувати просторові дані на стереографічних сітках, будувати різні типи стереограм, зокрема, наносити полюси, будувати полюси тріщин в ізолініях (контурні діаграми), а також і розо-діаграми – види гістограм, які показують частоту появи азимутів падіння тріщин при кутах падіння. *Stereo32* працює на *Windows 7, 10*. Програма *Stereo32* зберігає рисунки у растровому (*.jpg, *.bmp, *.png) та векторному (*.wmf, *.eps, *.ps) форматах і є досить простою для використання.

Візуалізація польових структурних і тектонофізичних даних програмними пакетами *StereoNett*. Дані про кількісні характеристики структур швидко та якісно можна нанести на стереографічні проекції – сітки Вульфа та Шмідта, нижню або верхню півсферу за допомогою програмних пакетів *StereoNett*. Програми допомагають візуалізувати проміжні результати для аналізу польових досліджень у вигляді різноманітних стереограм, розо-діаграм та інших видів діаграм (*poles, great circles, eigenvectors, contours*).

Площинні дані на прикладі тріщин з палеогенових флішових відкладів на відслоненнях уздовж долин рік Рибник (правої притоки р. Стрий), Опір та Сукіль у межах Скибового покриву представлені у вигляді різних видів діаграм за допомогою програмних пакетів *Stereo32, StereoNett* та *OpenStereo* (рис. 2, 3) [15–28]. У кожній з цих програм площини (тріщини, нашарування) нанесено у вигляді полюсів (*poles*), або великих дуг

(great circles) (рис. 2, а, з, е). Концентрацію полюсів тріщин найкраще визначати за стереограмами (contours) полюсів в ізолініях (рис. 2, б, д, ж).

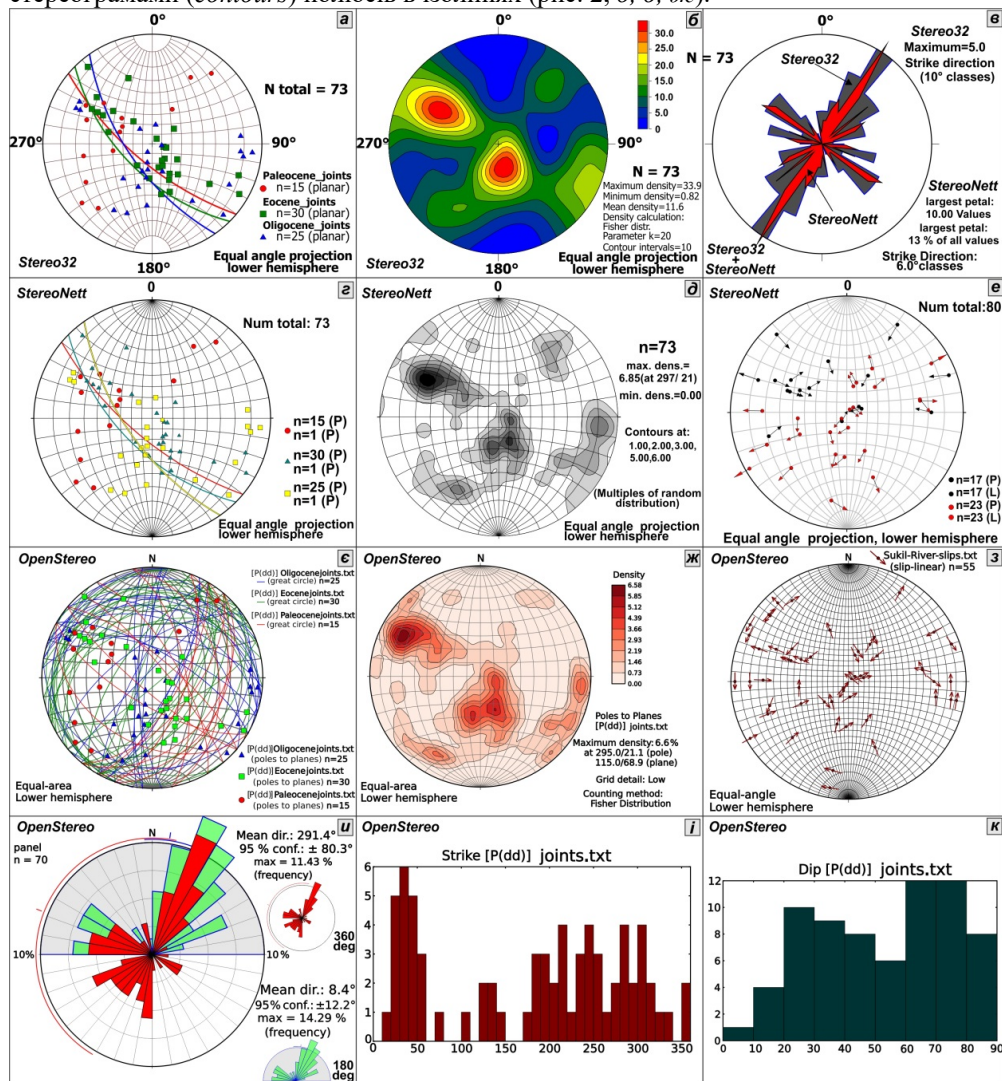


Рис. 2. Різні способи візуалізації даних про орієнтацію площин тріщин у палеогенових відкладах (Скибовий покрив, долина р. Рибник) та векторів переміщень (позначені стрілками) по площинах дзеркал ковзання (відслонення у межах долини р. Сукіль, Сколівська скиба) на нижній півсфері за допомогою програм Stereo32 (а-в), StereoNet (г-е) на сітці Вульфа та OpenStereo (є-к) на сітці Шмідта (за допомогою програми CoreDRAW): а, з, є – стереограми полюсів тріщин; б, д, ж – стереограми полюсів тріщин в ізолініях; в, и – розо-діаграми тріщин; і, к – гістограми тріщин, що показують співвідношення, відповідно, за простяганням (0–360) та кутом падіння (0–90°); е, з – вектори переміщень за дзеркалами ковзання

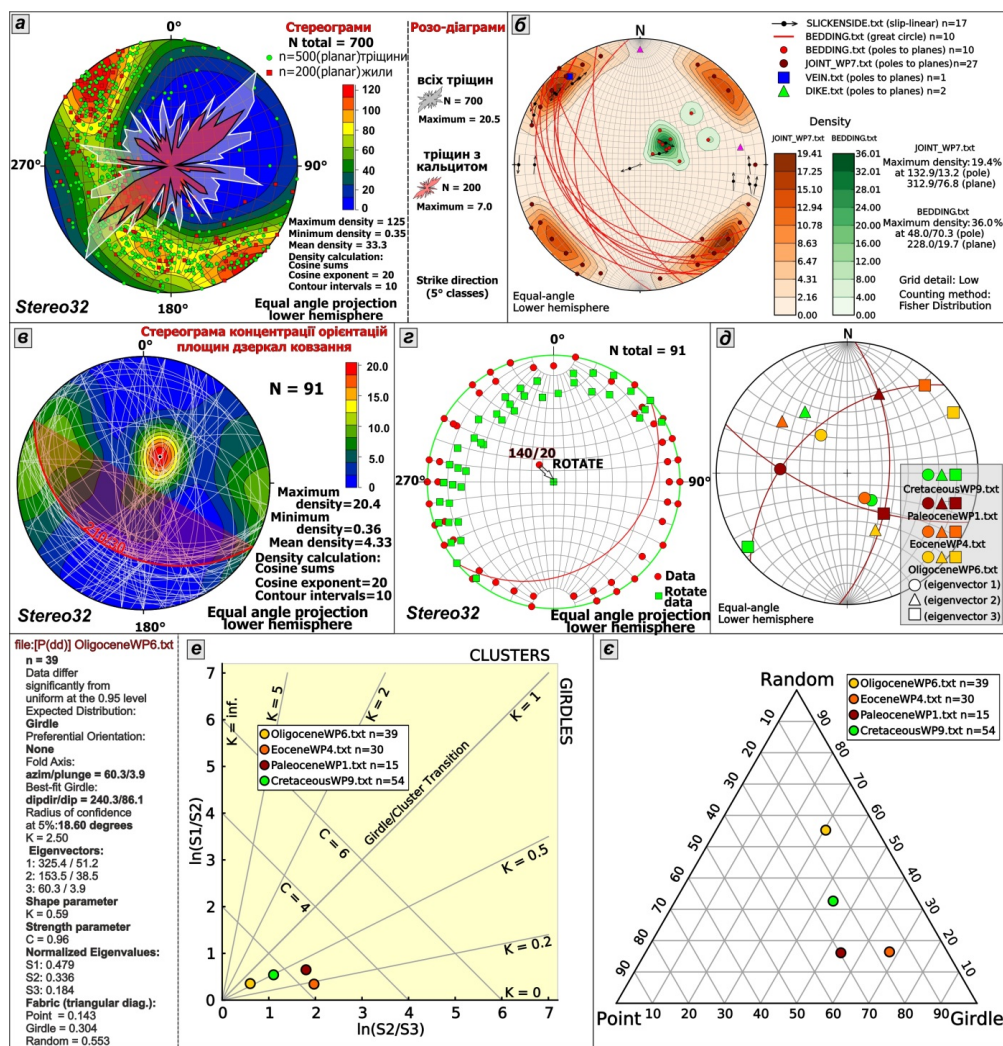


Рис. 3. Комплексні діаграми на прикладі відслонень Скибового покриву, побудовані з допомогою програм *Stereonet*: а – стереограма полюсів тріщин та розо-діаграми для тріщин пустих та з мінеральним вповненням на відслоненнях долини р. Опір (*Stereo32*); б – вектори переміщень по дзеркалах ковзання, стереограми полюсів напластування тріщин, карбонатних жил, кластичних дайок у верхній течії р. Сукіль (*OpenStereo*); в – стереограма концентрації орієнтацій площин дзеркал ковзання (р. Сукіль) (*Stereo32*); г – структурні дані за сучасного залягання (показані кружечками) та дані за первинного залягання пласта (показані квадратиками) (*Stereo32*); д – стереограма зі значеннями статистичних параметрів (власні значення *eigenvector 1, 2, 3*) (*OpenStereo*) [29]; е – двоосна діаграма Вудкока (*OpenStereo*) [29]; є – трикутна діаграма Вольмера [30] (*OpenStereo*) для крейдово-палеогенових порід у Скибовому покриві

Такі діаграми свідчать про значення просторових даних орієнтації площинних структур, які переважають у досліджуваному регіоні, або у конкретних точках спостереження.

Системи тріщин за простяганням, кутами падіння, що переважають у певних комплексах гірських порід на відслоненнях Скибового покриву, найкраще визначати за розо-діаграмами тріщинуватості (рис. 2, в). Визначення орієнтації систем тріщин є особливо важливим під час структурних досліджень у зонах розривних порушень, де напрями тріщинуватості визначатимуть орієнтацію головних напрямів стиснення та розтягнення. Крім того, за гістограмами (рис. 2, і, κ) також можна визначати співвідношення тріщин за простяганням та кутами падіння для різновікових товщ. Такі дані використовують для аналізу змін систем різновікової тріщинуватості під час формування флішових комплексів у межах досліджуваного району. Отримані дані про системи та напрями тріщинуватості, що переважають, та їхня візуалізація за допомогою графічних зображень потрібні для прогнозування осувних та схилових процесів, а також в інженерній геології тощо.

Дзеркала ковзання та риси ковзання є складнішими для нанесення на стереографічні проекції, оскільки є поєднанням, відповідно, площинних та лінійних об'єктів. Проте дзеркала ковзання є досить важливими та несуть цінну інформацію про характер інтенсивних тектонічних процесів під час насувоутворення. За допомогою аналізу дзеркал ковзання можна визначити просторову орієнтацію осей максимальних напружень, деформаційні режими (стиснення, розтягнення, зсув), головні напрями переміщення комплексів гірських порід і, відповідно, отримати інформацію про зміну напружено-деформованого стану окремої досліджуваної ділянки і загалом визначити регіональні зміни. Основою для такого аналізу і подальшого визначення кінематичних параметрів для досліджуваного району є стереограми (*rose*) з векторами переміщень за дзеркалами ковзання (рис. 2, е, з), заміряні на відслоненнях у межах верхів долини р. Сукіль (Сколівська скиба, Скибовий покрив). Найкраще та найзручніше наносити дзеркала ковзання за допомогою програми *OpenStereo* (рис. 2, з), оскільки вона передбачає введення усіх чотирьох кінематичних типів – скидів, насувів або підкидів, правого та лівого зсувів. Хоча в інших програмах є можливість внесення даних по дзеркалах, і побудова векторів переміщення дає теж непогані результати (рис. 2, е).

Зважаючи на те, що програмні пакети *Stereonet* дають можливість використовувати векторну графіку, яка є зручнішою у редагуванні, можливість редагування та внесення змін відбувається набагато швидше за допомогою графічних редакторів (*Adobe Illustrator*, *CorelDraw*, *EazyDraw* та ін.). Растрова графіка не є настільки простою для редагування. Крім того, використання векторної графіки допомагає структурному геологу зіставляти різні типи діаграм та якісніше проводити їхні узагальнення. Хоча деякі з програм в автоматичному режимі додають різні типи стереограм на один рисунок, наприклад, *OpenStereo*, натомість в інших програмах такої можливості немає, тому для зіставлення доводиться використовувати графічні програми для редагування зображення.

Наприклад, для аналізу напрямків тріщинуватості з мінеральним виповненням на відслоненнях долини р. Опір використано комплексні діаграми, тобто стереограму плюсів тріщин та розо-діаграми, побудовані у *Stereo32* для тріщин пустих та з мінеральним виповненням (рис. 3, а). Ці діаграми зіставлені і нанесені за допомогою графічного редактора *CorelDraw*. Натомість комплексні діаграми для аналізу структур у верхній

течії р. Сукіль, що містять вектори переміщень по дзеркалах ковзання, стереограми полюсів напластування, тріщини, карбонатні жили, кластичні дайки (рис. 3, б), виконано тільки у проєкті програми *OpenStereo* з послідовним додаванням окремої групи даних.

Орієнтації площин дзеркал ковзання у межах відслонень долини р. Сукіль нанесені на стереограмі концентрації у програмі *Stereo32* (рис. 3, в). Проте деякі підписи виконано за допомогою редактора *CorelDraw*. Дані елементів залягання тріщин за сучасного залягання та дані за первинного залягання пласта (так звана «ротація даних») виконано у програмі *Stereo32*, проте побудову такої комплексної діаграми виконано за допомогою програми *CorelDraw*.

Зауважимо, що програмні пакети *Stereonet* дають змогу провести статистичний аналіз. Деякі із них, як, наприклад, програма *OpenStereo*, допомагає будувати дані зі структурних даних для крейдово-палеогенових порід у Скибовому покриві у вигляді різних діаграм: стереограми зі значеннями статистичних параметрів (власні значення *eigenvector 1, 2, 3*) (рис. 3, д), двоосної діаграми Вудкока за методом співвідношення власних значень [29] (рис. 3, е) та трикутної діаграми Вольмера [30] (рис. 3, є).

За стереограмами (рис. 2, 3), а також за виявленими особливостями структур під час польових спостережень проводиться реконструкція головних осей максимальних напружень ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$), деякі параметри (коефіцієнти R, або R', Лоде-Надаї), напрями максимального стиснення і розтягнення, статистичні параметри і, як наслідок, виділяють деформаційні режими та окремі етапи складко- та насуювотворення. Отже, хороша візуалізація даних у вигляді якісної векторної та растрової графіки, яка можлива завдяки використанню комп'ютерних пакетів *Stereonet*, сприятиме подальшій якісній та кількісній інтерпретації результатів, вирішенню важливих структурних і тектонофізичних завдань, аналізу напружено-деформованого стану, кількісних характеристик геодинамічних умов тощо.

Висновки. Програми структурного аналізу значно полегшують представлення тривимірних даних на стереографічних проєкціях у графічних (векторній або растровій) формах. Використання сучасних пакетів комп'ютерних програм *Stereonet* для аналізу польових даних, отриманих під час структурних та тектонофізичних спостережень на території Українських Карпат, має велику кількість переваг, серед яких найважливішими є: швидкість візуалізації просторових тривимірних даних у вигляді векторних та растрових зображень на стереографічних проєкціях, яка збільшується в рази; якісне комплексне представлення різних типів даних та їхнє розділення за певними часовими або іншими особливостями, аналіз та інтерпретація результатів польових досліджень.

Беззаперечно програмні пакети *Stereonet* дають змогу якісно та швидко графічно представити результати структурних та тектонофізичних досліджень. Проте завжди з вибором, у якій програмі працювати і яку програму використовувати, стикається майже кожен структурний геолог. Тому для успішного аналізу та інтерпретації результатів таких досліджень потрібно спочатку попередньо ознайомитися з відповідним програмним пакетом і під час фіксації даних у полі враховувати, які дані потребує програма і який запис структурних даних потрібно виконувати під час польових досліджень.

Основною перевагою усіх пакетів програм *Stereonet* є те, що під час їхнього використання час затрачається, головню, на об'єктивнішу інтерпретацію результатів аналізу структур, а не на трудомісткий етап нанесення даних на стереографічні сітки. Кожна із цих програм має свої як переваги, так і недоліки. Для якісного представлення та візуалі-

зації проміжних результатів структурних і тектонофізичних досліджень і для подальшої інтерпретації тільки комплексне використання програм (*OpenStereo*, *Stereonet8*, *Stereo32*, *StereoNett*) та мобільних додатків дасть очікуваний результат.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Pilant W. L. A PC-interactive stereonet plotting program / W. L. Pilant // *Computers & Geosciences*. – 1989. – 15 (1). – P. 43–58.
2. De Paor D. G. Stereonet applications for Windows and Macintosh / D. G. De Paor // *Computer Methods in the Geosciences*. – Pergamon, 1996. – Vol. 15. – P. 233–235.
3. Cardozo N. Spherical projections with OSXStereonet / N. Cardozo, R. Allmendinger // *Computers & Geosciences*. – 2013. – Vol. 51. – P. 193–205.
4. Alberti M. GIS analysis of geological surfaces orientations: the qgSurf plugin for QGIS [Internet] / M. Alberti // *PeerJ Preprints*. – 2019.
5. Knox-Robinson C. M. GIS-stereoplot: an interactive stereonet plotting module for ArcView 3.0 geographic information system / C. M. Knox-Robinson, S. J. Gardoll // *Computers & Geosciences*. – 1998. – 24(3). – P. 243–250.
6. Stereonet Mobile for iOS:
<http://www.geo.cornell.edu/geology/faculty/RWA/programs/stereonet-mobile.html>
7. FieldMOVE Clino:
<https://www.petex.com/products/move-suite/digital-field-mapping/>
8. Stereonet (Visible Geology): <http://app.visiblegeology.com/stereonet.html>
9. Allmendinger R. W. Structural Geology Algorithms: Vectors & Tensors / R. W. Allmendinger, N. C. Cardozo, D. Fisher. – Cambridge ; England : Cambridge University Press, 2012. – 289 p.
10. Stereonet 10, 2020; Windows:
<http://www.geo.cornell.edu/geology/faculty/RWA/programs/stereonet.html>
11. OpenStereo, 2011; Windows: <http://igc.usp.br/openstereo/download/>
12. Grohmann C. H. OpenStereo: um programa Livre e multiplataforma para análise de dados estruturais / C. H. Grohmann, G. A. C. Campanha, A. V. Soares Junior // XIII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos. – 2011 [in Portuguese].
13. StereoNett, 2000: <http://www.ruhr-uni-bochum.de/hardrock/downloads.html>
14. Stereo32, 2011: <http://www.ruhr-uni-bochum.de/hardrock/Stereo32.html>
15. Balanced geological cross-section of the Outer Ukrainian Carpathians along the pancake profile / M. Nakapelukh, I. Bubniak, T. Yegorova, A. Murovskaya, O. Gintov, V. Shlapinskiy, Y. Vikhot // *Journal of Geodynamics*. – 2017. – 108. – P. 13–25.
16. Кинематическая эволюция зоны Пьенинских утесов в кайнозое (Украинские Карпаты) / А. В. Муровская, Ю. М. Вихоть, И. Н. Бубняк [и др.] // *Геофизический журнал*. – 2016. – Т. 38. – № 5. – С. 119–136.
17. Kril S. Tectonic paleostress fields evolution and calcite veins formation in the southeastern part of the Ukrainian Carpathians during the cenozoic time / S. Kril, M. Bubniak, Y. Vikhot, S. Tsikhon // *Геодинаміка*. – 2016. – 1(20). – P. 106–118.
18. Вихоть Ю. М. Статистичні особливості та аналіз тектонічної тріщинуватості крейдово-неогенових відкладів Українських Карпат / Ю. М. Вихоть // *Геодинаміка*. – 2014. – № 2 (17). – С. 69–82.

19. Віхоть Ю. Аналіз тріщинуватості флішових комплексів Скибового покриву (Українські Карпати) / Ю. М. Віхоть // Вісник Львівського університету: Серія геологічна. – 2014. – Вип. 28. – С. 157–163.
20. Бубняк І. М. Збалансований геологічний розріз Українських Карпат у перетині Берегомет–Буркут / І. М. Бубняк, М. В. Накапелюх, Ю. М. Віхоть // Геодинаміка – 2014. – № 1(16). – С. 72–87.
21. Тектонофизический и палинспастический разрезы Украинских Карпат вдоль геотраверса DOBRE-3 (PANCAKE) / О. Б. Гинтов, И. Н. Бубняк, Ю. М. Вихоть, А. В. Муровская, М. В. Накапелюх, В. Е. Шлапинский // Геофиз. журн. – 2014. – Т. 36. – № 3. – С. 3–33.
22. Кріль С. Особливості полів палеонапружень та тектонічної тріщинуватості у долині ріки Чорна Тиса (Поркулецький, Дуклянський покриви) / С. Я. Кріль, І. М. Бубняк, Ю. М. Віхоть, С. І. Ціхонь // Вісник Львівського університету: Серія геологічна. – 2013. – Вип. 27. – С. 122–130.
23. Бубняк И. Напряженно-деформированное состояние юго-восточной части Скибового и Бориславско-Покутского покровов Украинских Карпат / И. Н. Бубняк, Ю. М. Вихоть, М. В. Накапелюх // Геодинамика и тектонофизика. – 2013. – 4 (3). – С. 313–326.
24. Віхоть Ю. Реконструкція кайнозойських полів напружень у флішових комплексах долини ріки Опір (Скибовий покрив, Українські Карпати) / Ю. М. Віхоть, І. М. Бубняк // Геодинаміка. – 2013. – № 1 (14). – С. 68–77.
25. Напряженно-деформированное состояние и динамика аллохтонной части Предкарпатского прогиба в связи с нефтегазоносностью (по тектонофизическим данным) / О. Б. Гинтов, И. Н. Бубняк, А. Н. Бубняк, Ю. М. Вихоть, С. В. Мычак, М. В. Накапелюх // Геофиз. журн. – 2013. – Т. 35. – № 1. – С. 75–87.
26. Бубняк І. Комплексне використання кінематичного та структурно-парагенетичного методів для дослідження еволюції полів палеонапружень гірських порід Українських Карпат / І. М. Бубняк, Ю. М. Віхоть, М. В. Накапелюх // Вісник Львівського університету: Серія геологічна. – 2012. – Вип. 26. – С. 184–196.
27. Бубняк І. Регіональні поля напружень у флішовій товщі долини ріки Рибник, визначені за комплексним методом досліджень тріщин і дзеркал ковзання / І. М. Бубняк, Ю. М. Віхоть // Геодинаміка. – 2012. – № 1 (12). – С. 79–85.
28. Эволюция напряженно-деформированного состояния и динамика Скибового покрова Украинских Карпат / О. Б. Гинтов, И. Н. Бубняк, Ю. М. Вихоть, А. В. Муровская, М. В. Накапелюх // Геофиз. журн. – 2011. – Т. 33. – № 5. – С. 17–34.
29. Woodcock N. H. Specification of fabric shapes using an eigenvalue method / N. H. Woodcock // Geological Society of America Bulletin. – 1977. – Vol. 88. – No. 9. – P. 1231–1236.
30. Vollmer F. W. An application of eigenvalue methods to structural domain analysis / F. W. Vollmer // Geol. Soc. America Bull. – 1990. – Vol. 102. – No. 6. – P. 786–791.

REFERENCES

1. Pilant W. L. A PC-interactive stereonet plotting program / W. L. Pilant // Computers & Geosciences. – 1989. – 15 (1). – P. 43–58.

2. De Paor D. G. Stereonet applications for Windows and Macintosh / D. G. De Paor // *Computer Methods in the Geosciences*. – Pergamon, 1996. – Vol. 15. – P. 233–235).
3. Cardozo N. Spherical projections with OSX Stereonet / N. Cardozo, R. Allmendinger // *Computers & Geosciences*. – 2013. – Vol. 51. – P. 193–205.
4. Alberti M. GIS analysis of geological surfaces orientations: the qgSurf plugin for QGIS [Internet] / M. Alberti // *PeerJ Preprints*. – 2019.
5. Knox-Robinson C. M. GIS-stereoplot: an interactive stereonet plotting module for ArcView 3.0 geographic information system / C. M. Knox-Robinson, S. J. Gardoll // *Computers & Geosciences*. – 1998. – 24(3). – P. 243–250.
6. Stereonet Mobile for iOS:
<http://www.geo.cornell.edu/geology/faculty/RWA/programs/stereonet-mobile.html>
7. FieldMOVE Clino :
<https://www.petex.com/products/move-suite/digital-field-mapping/>
8. Stereonet (Visible Geology): <http://app.visiblegeology.com/stereonet.html>
9. Allmendinger R. W. *Structural Geology Algorithms: Vectors & Tensors* / R. W. Allmendinger, N. C. Cardozo, D. Fisher. – Cambridge ; England : Cambridge University Press, 2012. – 289 p.
10. Stereonet 10, 2020; Windows :
<http://www.geo.cornell.edu/geology/faculty/RWA/programs/stereonet.html>
11. OpenStereo, 2011; Windows: <http://igc.usp.br/openstereo/download/>
12. Grohmann C. H. OpenStereo: um programa Livre e multiplataforma para análise de dados estruturais / C. H. Grohmann, G. A. C. Campanha, A. V. Soares Junior // XIII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos. – 2011.
13. StereoNett, 2000: <http://www.ruhr-uni-bochum.de/hardrock/downloads.html>
14. Stereo32, 2011: <http://www.ruhr-uni-bochum.de/hardrock/Stereo32.html>
15. Balanced geological cross-section of the Outer Ukrainian Carpathians along the pancake profile / M. Nakapelukh, I. Bubniak, T. Yegorova, A. Murovskaya, O. Gintov, V. Shlapinskiy, Y. Vikhot // *Journal of Geodynamics*. – 2017. – 108. – P. 13–25.
16. Kinematic evolution of Pieniny belt in Cenozoic (Ukrainian Carpathians) / A. V. Murovskaya, M. V. Nakapelyukh, Yu. M. Vikhot, I. M. Bubniak, V. E. Shlapinskiy, S. V. Mychak // *Geophysical Journal*. – 2016. – 38 (5). – P. 119–136.
17. Kril S. Tectonic paleostress fields evolution and calcite veins formation in the southeastern part of the Ukrainian Carpathians during the cenozoic time / S. Kril, M. Bubniak, Y. Vikhot, S. Tsikhon // *Geodynamics*. – 2016 – 1(20). – P. 106–118.
18. Vikhot Y. M. Statistical features and analysis of tectonic jointing from Cretaceous-Neogene deposits of the Ukrainian Carpathians / Y. M. Vikhot // *Geodynamics*. – 2014. – 2(17). – P. 69–82.
19. Vikhot Y. Jointing analysis of flysch complex of the Skyba nappe (Ukrainian Carpathians) / Y. Vikhot // *Bulletin of Ivan Franko National University of Lviv: Series Geological*. – 2014. – Vol. 28. – P. 157–163.
20. Bubniak I. M. Balanced cross section of the Ukrainian Carpathians along Berehomet–Burkut / I. M. Bubniak, M. V. Nakapelyukh, Y. M. Vikhot // *Geodynamics*. – 2014. – (16). – P. 72–87.

21. Tectonophysical and palinspatic section of the Ukrainian Carpathians along the geotraverse DOBRE-3 (PANCAKE) / O. B. Gintov, I. M. Bubniak, Yu. M. Vikhot, A. V. Murovskaya, M. V. Nakapelyukh, V. E. Shlapinskiy // *Geophysical Journal*. – 2014. – 36 (3). – P. 3–33.
22. Kril S. Paleostress fields features and tectonic joints in the Chorna Tysa River Valley (Porkulets and Dukla nappes) / S. Kril, M. Bubniak, Y. Vikhot, S. Tsikhon // *Bulletin of Ivan Franko National University of Lviv: Series Geological*. – 2013. – Vol. 27. – P. 122–130.
23. Bubniak I. M. The stress and strain state of the south-eastern part of the Skyba and Boryslav Pokuttya nappes of the Ukrainian Carpathians / I. M. Bubniak, Yu. M. Vikhot, M. V. Nakapelyukh // *Geodynamics & Tectonophysics*. – 4 (3). – 2013. – P. 313–326.
24. Vikhot Y. Reconstruction of cenozoic paleostress fields in the flysch complex of the Opir River Valley (Skyba nappe, Outer Ukrainian Carpathians) / Yu. Vikhot, I. Bubniak // *Geodynamics*. – 2013. – 1(14). – P. 68–77.
25. The stress-strain state and the dynamics of allochthon part of the Ukrainian Carpathian foredeep in connection with oil and gas content (by tectonophysical data) / O. B. Gintov, I. M. Bubniak, A. M. Bubniak, Yu. M. Vikhot, S. V. Mychak, M. V. Nakapelyukh // *Geophysical Journal*. – 2013. – 35 (1). – P. 75–87.
26. Bubniak I. Combination of the kinematic and structural-paragenetic methods for study the evolution of the palaeostress fields of rocks in the Ukrainian Carpathians / I. M. Bubniak, Yu. M. Vikhot, M. V. Nakapelyukh // *Bulletin of Ivan Franko National University of Lviv: Series Geological*. – 2012. – Vol. 26. – P. 184–196.
27. Bubniak I. Regional stress fields in the flysch deposits in the valley of the Rybnyk river determined with complex method of joints and slickensides research / I. M. Bubniak, Yu. M. Vikhot // *Geodynamics*. 2012 – 1(12). – P. 79–85.
28. Strain-deformed state and dynamics of the Skyba nappe of the Ukrainian Carpathians / O. Gintov, I. Bubniak, Yu. Vikhot, A. Murovskaya, M. Nakapelyukh // *Geophysical Journal*. – 2011. – 33 (5). – P. 17–34.
29. Woodcock N. H. Specification of fabric shapes using an eigenvalue method / N. H. Woodcock // *Geological Society of America Bulletin*. – 1977. – Vol. 88. – No. 9. – P. 1231–1236.
30. Vollmer F. W. An application of eigenvalue methods to structural domain analysis / F. W. Vollmer // *Geol. Soc. America Bull.* – 1990. – Vol. 102. – No. 6. – P. 786–791.

*Стаття: надійшла до редакції 13.01.2020
прийнята до друку 20.02.2020*

DATA ANALYSIS AND VISUALISATION THE RESULTS OF STRUCTURAL AND TECTONOPHYSICAL RESEARCH WITH USING COMPUTER SOFTWARE STEREO NET

Yuriy Vikhot^{1,2}, Ihor Bubniak², Solomiia Kril¹

¹Ivan Franko National University of Lviv,
Hrushevsky Str., 4, Lviv, Ukraine, 79005
e-mail: yuvik@ukr.net, solia_kr@ukr.net;

²Lviv Polytechnic National University,
Karpinskoho Str., 6, Lviv, Ukraine, 79013
ihor.m.bubniak@lpnu.ua

The article demonstrates methods of analyzing and visualization field data using the example of spatial measurements of quantitative features of the structures in the flysch deposits of the Ukrainian Carpathians using *Stereonet* computer packages. Analysis of the spatial orientation structural data measured during field research requires their fast, efficient, and most importantly high-quality graphical representation on stereographic projections.

Computer methods of complex visualization of a large amount of spatial data on stereographic projections are shown. Software packages (*OpenStereo*, *Stereo32*, *StereoNett*, *Stereonet10*) are using to enter, save, supplement, edit and display structural data on stereographic projections – Wulff, Schmidt, Polar grids, upper and lower hemispheres. Stereograms, rose diagrams and other types of diagrams (poles, great circles, eigenvectors, contours, rose) were plotted from the data of planar and linear structures (joints, fault slip analysis, planes, calcite and other mineral composition of veins, etc.) of the flysch complex of the Ukrainian Carpathians using *OpenStereo*, *Stereo32*, *StereoNett*. The complex use of *Stereonet* packages contributes to a high-speed and high-quality presentation, analyze the results of structural and tectonophysical research, which is necessary for further geological and geophysical interpretation. Excellent visualization of spatial data from field observations is useful for quantitative interpretation of research results and the solution of important problems in structural geology and tectonophysics (reconstruction of parameters of the stress-strain state, directions of compression, tension, quantitative characteristics of geodynamic conditions, etc.).

Keywords: Ukrainian Carpathians, visualization, *Stereonet*, structural and tectonophysical data, planar and linear structures, stereogram, rose-diagram.

УДК 551.782.13

КОНЦЕПТУАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧНА МОДЕЛЬ КЛАСИФІКАЦІЇ СФЕРОАГРЕГАТНИХ (ООЛІТОВИХ) КАРБОНАТНИХ ПОРІД: ПРИНЦИПИ, КРИТЕРІЇ, ОЗНАКИ

Ярина Тузяк

*Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. М. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005
yarynatuzyak@gmail.com*

Уперше на підставі аналізу вітчизняної і закордонної літератури розглянуто питання номенклатури, термінології і класифікації сфероагрегатних карбонатних утворень (сферокластів, сфероїдів, оолітів). Визначено наукові підходи, принципи, критерії й ознаки, покладені в основу класифікацій і науково-термінологічних понять як порід, так і їх складових сфероїдів. Наведено компонентний склад порід (каркас, матрикс, цемент) і морфологічні особливості сферокластів (макро- і мікроструктура). З'ясовано місця локалізації різних типів (категорій) оолітів у седиментаційних середовищах. Запропоновано концептуально-теоретичну модель класифікації сфероїдів з охопленням усієї сьогоденної наявної інформації. Через відсутність еталонного матеріалу, узагальнено усі макро- і мікроскопічні особливості цього типу порід та методики опису з метою узгодження усіх параметрів і характеристик (термінології) сфероїдів/оолітів для визначення різних їх типів (номенклатура). Розроблена модель класифікації може бути використана як основа під час опису сфероагрегатних порід. Висвітлено актуальність вивчення цього типу утворень. Визначено, що вони можуть бути об'єктом дослідження таких наукових напрямів, як седиментологія, літологія, нафтогазова геологія, палеонтологія, стратиграфія, палеогеографія, геотуризм.

Ключові слова: сфероагрегати, сферокласти, сфероїди, ооліти, номенклатура, класифікація, термінологія.

Вступ. Оолітові вапняки – це група осадових порід, яка вирізняється серед інших: 1) своїм унікальним зовнішнім виглядом (сфероїди/ооліди), що є головною діагностичною ознакою або «візитною картою» цих утворень (рис. 1); 2) специфічною будовою (рис. 2) – внутрішнє ядро і зовнішня оболонка; 3) особливим складом (переважно карбонатним), який є мінливим залежно від прояву ступеня діагенетичних перетворень; 4) один з літолого-фаціальних різновидів рифової еко-морфодинамічної системи, який сформувався в умовах фацій карбонатної платформи (шельфу); 5) унікальні ідентифікатори седиментаційного середовища як результат прояву

комплексу фізичних і біохімічних процесів; б) винятковий будівельний (декоративний) матеріал. Із блоків цієї породи зведено будівлі, пам'ятники й навіть цілі містечка, які є об'єктами Всесвітнього надбання [11].

Актуальність. На сучасному етапі ця група порід може бути об'єктом вивчення таких наукових напрямів, як седиментологія, літологія, нафтогазова геологія, палеонтологія, стратиграфія, геотуризм.

З позиції **седиментології** – це продукт поєднання і взаємодії фізичних й біохімічних процесів, параметрів і чинників басейнів, вивчення яких сприяє з'ясуванню й відтворенню середовищ та умов седиментації різних типів (категорій) оолідів.

З позиції **літології** – це карбонатні утворення специфічної зовнішньої і внутрішньої будови, компонентним складом (каркас, матрикс, цемент, пори), діагенетичними перетвореннями, вивчення яких сприяє виділенню морфологічних ознак й елементів для створення систем класифікації, номенклатури і термінології цих порід та їх складових сфероїдів/оолідів зі схемою опису, виділення порід-еталонів.

З позиції **вуглеводневої геології** – унікальні резервуари (колектори карбонатного типу з комплексом показників і властивостей) для акумуляції й локалізації промислових покладів вуглеводнів. Сьогодні відомі родовища нафти і газу у кам'яновугільних (США), кембрійських, тріасових (Китай), юрських і крейдових (Європа, Індонезія, Ірак) та інших утвореннях.

З позиції **палеонтології** – це об'єкт, у якому рештки макро- і мікроорганізмів виконують породотворну роль як складові ядер сфероїдів/оолідів і як детритовий матеріал у самій оолітовій породі (оолітово-детритовий або оолітово-органогенний вапняк).

З позиції **стратиграфії** їх можна розглядати як специфічні морфолітостратиграфічні підрозділи [1], оскільки є продуктами руйнування або/та утворення рифових систем і представляють особливі літолого-фаціальні тіла. Органогенні масиви – сукупність породшаруватих систем (геологічних тіл), що об'єднані за літологічними, фаціально-морфологічними ознаками, які використовують як допоміжні місцеві стратони. Стратони значної потужності і поширення можуть картуватися як окремі одиниці і мати власні географічні назви.

Органогенні масиви (рифи, біогерми, біостроми) залягають серед стратифікованих порід у вигляді ізольованих лінзоподібних тіл або їх ланцюжків. Представлені масивними нешаруватими карбонатними породами або біогенними утвореннями. Межі різко діахронні. Потужність рифів може перевищувати потужність суміжних одновікових стратифікованих відкладів; біогерми і біостроми зазвичай малопотужні і входять до складу місцевих стратонів.

З позиції **палеогеографії** – це надійний індикатор для визначення кліматичної зональності й визначення положення того чи іншого регіону в геологічному минулому.

З позиції **геотуризму** – унікальний комплексний природний об'єкт (рис. 9), який має культурно-освітнє, науково-пізнавальне, природоохоронне і рекреаційне значення. Визначення критеріїв для розгляду їх як об'єктів геотуризму із наданням їм статусу місцевого, державного чи Всесвітнього надбання [11].

Об'єкт дослідження – типи сфероїдів/оолідів (рис. 1) різного віку, складу, розмірів і ступеня сортування. Головна мета – вивчення різних категорій сфероїдів для побудови універсальної моделі класифікації.

Для досягнення мети вирішено такі завдання:

1. Аналіз результатів досліджень сфероїдних/оолітових карбонатних порід у світовому масштабі для визначення їхнього наукового, прикладного й культурно-освітнього значення.
2. З'ясування науково-термінологічного визначення поняття «оолітовий вапняк» із зображенням (рис. 1) для візуальної діагностики у польових умовах.
3. Аналіз зовнішньої будови (компонетного складу сфероїдних/оолітових карбонатних порід) (рис. 2) і внутрішньої будови їх складових – сфероїдів/ооїдів (рис. 3).
4. Аналіз просторової моделі аквального середовища для визначення походження і локалізації різних типів сфероїдів/ооїдів (рис. 4).
5. З'ясування питання автохтонного/алохтонного походження.
6. З'ясування критеріїв й ознак сфероагрегатів для визначення номенклатури, класифікації й термінології цього типу порід.

Дослідження осадового чохла земної кори сприяли виявленню значного поширення сфероїдних/оолітових вапняків у просторі і часі та визначенню їхнього зв'язку з рифовими системами (приурочені до конкретних морфологічних елементів біогенної структури). Так, їхні аналоги відомі з докембрію до сьогодні і виявлені майже на теренах усіх континентів (рис. 1). Це не лише унікальний будівельний (декоративний) матеріал, а й резервуар для акумуляції й локалізації промислових покладів вуглеводнів.

Сучасний аналіз поширення у просторі визначив їхнє утворення в нормально-морських, солоних, гіперсолоних і прісноводних умовах; для окремих представників зазначені наземні середовища. Простежено сфероїди/ооїди комбінованого типу, які формувалися у перехідних умовах.

Літературний огляд. Вивченню сфероагрегатних карбонатних порід присвячено чимало публікацій як вітчизняних, так і закордонних дослідників. У своїх працях науковці намагалися з'ясувати питання будови, походження, номенклатури, класифікації й термінології оолітів, процесів та умов утворення, чинників і параметрів середовищ седиментації. Однак з огляду на тривалу історію досліджень ці проблеми залишаються актуальними й сьогодні. До кінця не розкрито значення цих порід як об'єкта геотуризму. Кількість опублікованих праць із зазначеної тематики за змістом досліджень можна розділити на: 1) фундаментальні; 2) прикладні; 3) культурно-освітні. З огляду на майже 100-річну історію досліджень оолітів й оолітових порід [2–10, 12–15] не створено єдиної універсальної класифікації, досі не сформульовано загальне уявлення щодо пояснення їхнього походження і не існує загальної назви для цього типу утворень. На сучасному етапі застосовують класифікації як до карбонатних порід, складених оолітами, так і до самих оолітів. Вони ґрунтуються на різних підходах, критеріях й ознаках, що своєю чергою зумовило значне різноманіття назв (термінів) як для порід, так і для їхніх складових.

Аналіз морфології сфероїдів/оолітів – макро- (будову, склад, форму, розмір зерен, які формують ядра) і мікроструктурні особливості (тип і характер оболонки) –

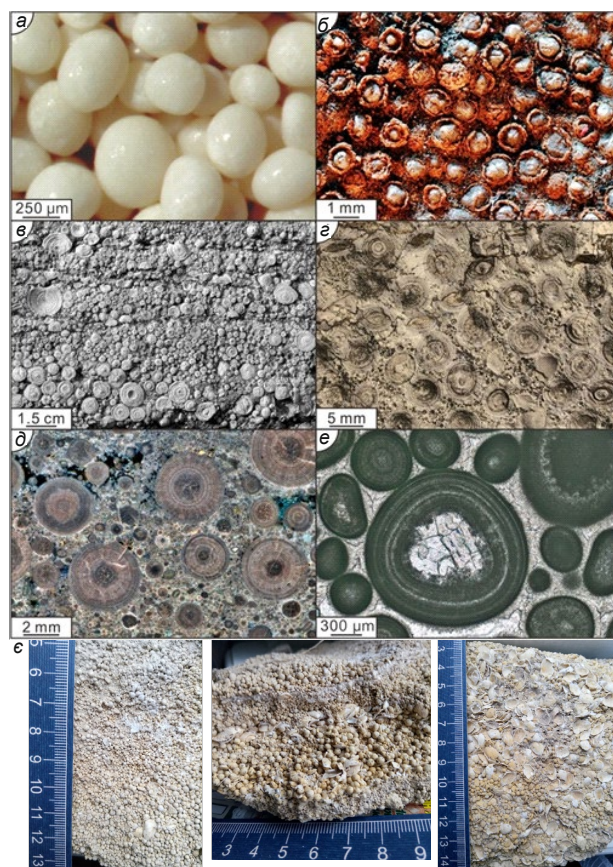


Рис. 1. Типи сфероїдів/оолітів різного віку, розмірів і ступеня сортування:

a – типові багамські ооїди, Багамські острови, сучасні. Сортовані з шліфованими поверхнями від зіткнень зерен під час транспортування з середовищ утворення; *b* – добре відсортовані ооїди в архейському ооліті (2,72 млрд років тому), формація Тумбіана, Пілбара, Західна Австралія; *c* – поперечні перетини ооїдів Рогенштейна (тріас) у блоці, видобутому з кар’єру, описаного Брюкманом 1721 р., гігантські ооїди, погано сортовані, поперечні перетини з концентрично-ламінованою облямівкою (тріас, Барнеберг, Німеччина); *d* – погано сортовані ооїди, у шліфах – перетини ядра та облямівки з темними й світлими ламінами, простежено тенденцію до максимального діаметра ~ 4 мм (середній кембрій, Лонгмен, Китай); *e* – мікрофотографія шліфу типових тріасових рогенштайнових ооїдів, концентричні шари кегельструктур та відбитки шпіндельструктур. Хізеберг, Німеччина; *f* – шліф – поперечні перетини ооїдів (тріас, Лічуань, Китай), ядро, концентричні шари і діагенетична перекристалізація набуті пізніше; *g* – добре відсортовані ооїди (діаметром до 4–5 мм) в оолітовому вапняку, неоген, сармат, м. Ізяслав, Хмельницька обл., Україна (синоніми: ікраний камінь, яйцеподібний камінь, Портлендський камінь, Маямі ооліт, Hunts Bay Oolite, Shoofly Oolite, пізоліти та ін.) у науково-довідковій літературі.

Науково-термінологічне визначення та діагностичні ознаки сфероагрегатів (сфероїдів/оолітів)

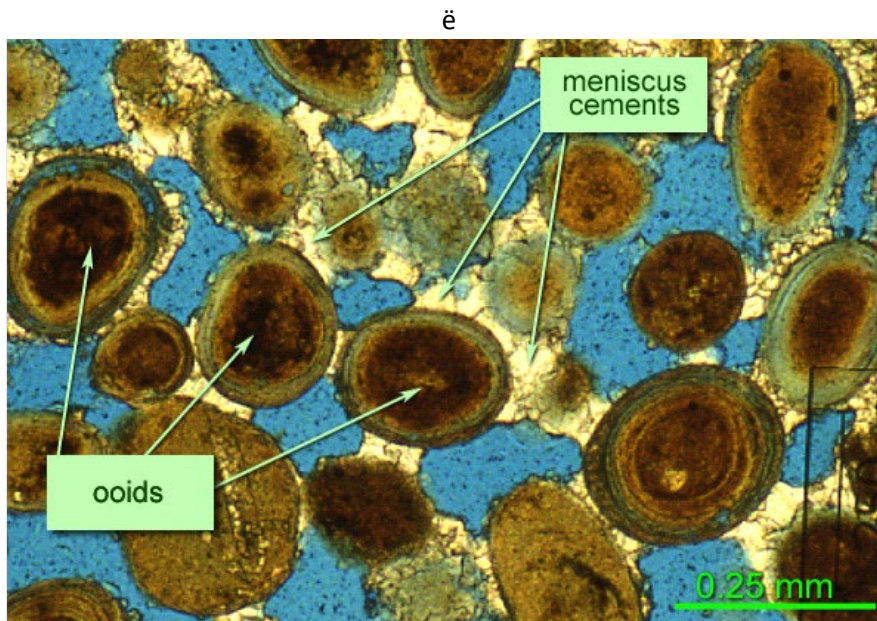


Рис. 2. Схема будови сфероїдної/оолітової карбонатної породи
(компонентний склад: каркас – ооїди; матрикс – мікритні зерна, менше 4 мкм;
менісковий цемент – матеріал між каркасом і матриксом)

Морфологія сфероїдів/оолітів
Зовнішня форма, вигляд (макроструктура) сферична (куляста), субсферична (округла), еліпсоїдна, овальна.
Розміри – від мікрометрів до 4–5 мм (окремі типи – десятки метрів).
Будова ооїда/сфероїда – двофазна – ядро і оболонка
Ядро (різної категорії, складу і розміру) (органічне, неорганічне, просте, складне) (див. класифікацію Е. Флюгеля).
Зовнішня оболонка (карбонатна органічно-мінеральна – акреція шарів з суспензії (за участю процесів дифузії)).
Мікроструктура облямівки – тангенціальна, концентрично-радіальна, концентрична (ламінарна), перекристалізована (мікроспаритова).

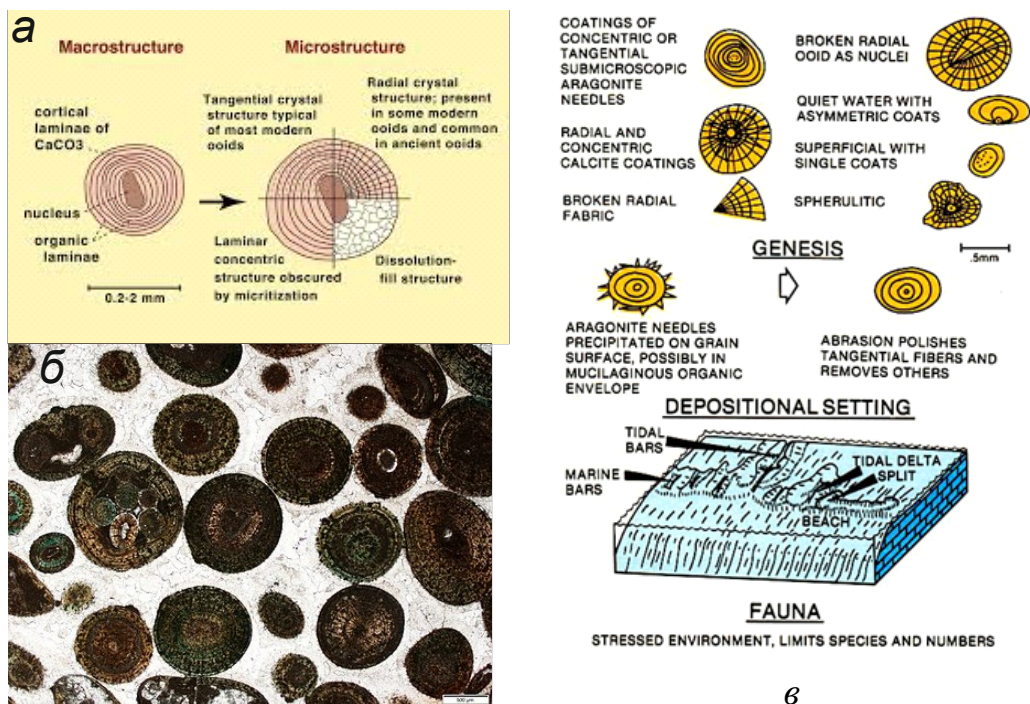


Рис. 3. Схематична будова ядра і облямівки ооїдів:

a – схема морфології (макро- і мікροструктура ядра) сфероїда/ооїда; *b* – морфологія різних типів (категорій) сфероїдів/ооїдів; *в* – структура і типи облямівки сфероїдів/ооїдів і середовище оса-дження, за [12]

Просторова модель середовищ походження і локалізації різних категорій сфероїдів/ооїдів (скелетні зерна)

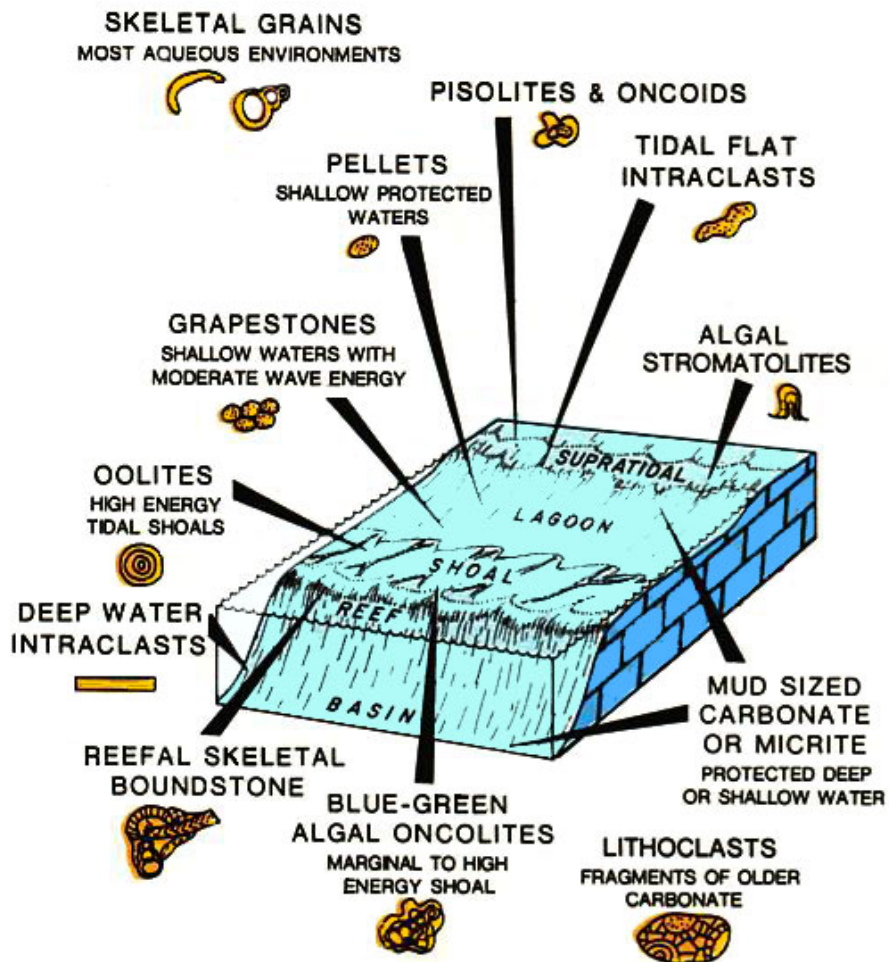


Рис. 4. Просторова модель походження і локалізації в аквальних середовищах різних типів (категорій) скелетних зерен, за [12]

Легенда: пізоліти й онкоїди – супратидаль (зона припливів-відливів); інтракласти – припливна рівнина; водоростеві строматоліти – мілководна лагуна; пелітові карбонатні зерна або мікріти – лагуна (захищені глибоководні або мілководні зони); літокласти – фрагменти давніх карбонатів; синьо-зелені водорості (онколіти) – від помірного до високоенергетичного мілководдя; рифові скелетні боундстоуни; глибоководні інтракласти; ооліти – високоенергетичні припливні відмілини; грейпстоуни – мілководдя з помірною енергією хвиль; пелети – малозахищені води.

Залежність формування мікроструктури оодів від середовища седиментації

Мікроструктура	Мікроструктура облямівки	Мінералогія, приклади сучасних місць локалізації	Середовище утворення
----------------	--------------------------	--	----------------------

<p>Концентричні (тангенціальні) ооїди</p> 	<p>Концентричні ламіни, складені тангенціально укладеними кристалами, довгі вісі яких орієнтовані по (паралельні) поверхні пластин</p> <p>Високо мікропористі</p>	<p>Арагоніт: Багами, Юкатан, Абу-Дабі, Перська затока</p> <p>Велике Солоне озеро/Юта</p> <p>Низько-магнезійний кальцит: ооїди Чилі*</p>	<p>Дуже мілководні, теплі низькоширотні моря; поширені у високоенергетичних обстановках</p> <p>Озерно-гіперсолоні</p> <p>Наземні</p>
<p>Радіальні (радіально-променисті (волокнисті) ооїди</p> 	<p>Ламіни, складені радіально-укладеними кристалами; довгі вісі кристалів перпендикулярні до поверхні ламін</p>	<p>Арагоніт: Перська затока, Великий Бар'єрний Риф, (Юкатан, Акулова затока, Середземномор'я) Затока Акаба</p> <p>Велике Солоне озеро/Юта</p> <p>Магнезійно-кальцитові: Затока Бафін/Техас</p> <p>Кальцит і низько-магнезійний кальцит: наприклад, печерні перли*</p>	<p>Морське мілководдя; поширені у низькоенергетичних обстановках</p> <p>Морські периферійні гіперсолоні водойми</p> <p>Озерно-гіперсолоні</p> <p>Морські-гіперсолоні</p> <p>Не морські</p>
<p>Мікритні (випадкові) ооїди</p> 	<p>Ламіни, складені випадковим укладенням (хаотично-орієнтованими) мікрокристалів, або ламіни, стерті або відсутні через повсюдну мікритизацію облямівки</p>	<p>Арагоніт: Багами</p>	<p>Морське мілководдя</p>

Рис. 5. Головні типи облямівки (мікроструктури) ооїдів і їхні середовища утворення, за Е. Флюгелем (Flügel E., 2004) [8]

Концентричні або тангенціальні ооїди походять зазвичай з високоенергетичних обстановок; радіальні або радіально-променисті (волокнисті) ооїди формуються від помірних до низькоенергетичних середовищ. Добре збережені радіально-променисті (волокнисті) ламіни викопних ооїдів переважно розглядають як головні елементи, які не були структурно змінені внаслідок трансформації високо-магнезійного кальциту у низько-магнезійний кальцит. Мікритні ооїди могли бути генеровані випадковим ростом кристалів або появою ооїдів зі стертими первинними тангенціальними або радіальними мікроструктурами, зумовленими мікритизацією або перекристалізацією облямівки. У дужках наведено місця локалізації рідкісних ооїдів; зірочками позначено наземні зерна, які деякі автори назвали ооїдами, а в праці Е. Флюгеля (Flügel E., 2004) [8] розглянуто як окрему категорію зерен – пізоїди.

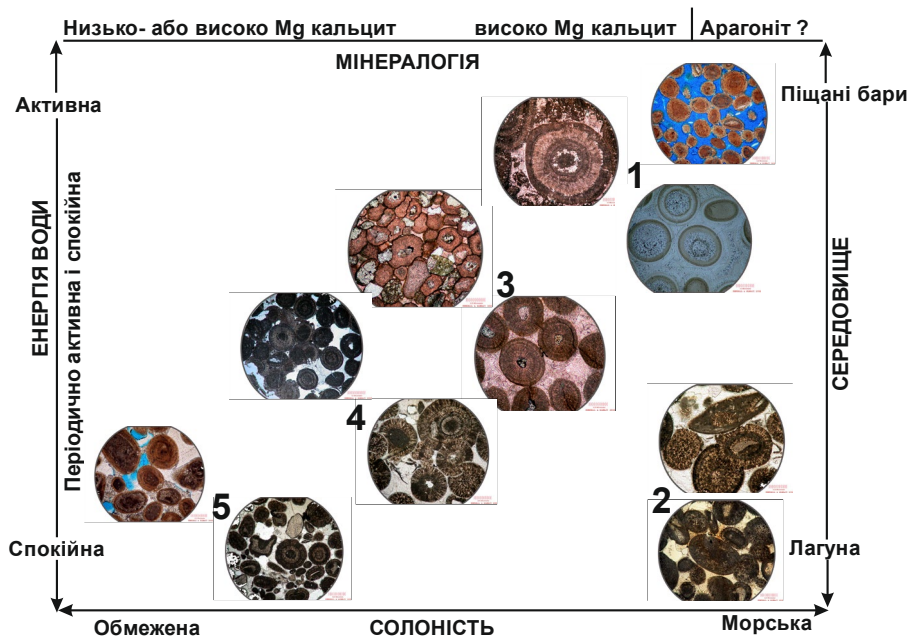


Рис. 6. Осадження різних типів ооїдів у середовищах седиментації

На рис. 6 зображені обстановки осадонакопичення і контролюючі чинники середовища формування ооїдів. На графік нанесені первинна мінералогія, гідродинамічний режим, солоність і середовище осадження типів (категорій) ооїдів, що характеризуються різними морфологічними особливостями і типами облямівок (мікроструктурою).

Нескелетні (мінеральні) зерна

Пелоїди

- зерна субкруглої, сферичної й еліпсоподібної форми
- складені мікритом
- без чіткої внутрішньої структури
- чорні через великий вміст органічної речовини
- переважно у кластерах
- 0,05–0,20 мм/50–200 мкм

Пелети

- невеликі (переважна довжина від 0,03 до 0,3 мм)
- сферичні до яйцеподібної форми зерна, складені мікритом
- більшість пелетів не мають внутрішньої структури
- однорідні за розміром і формою
- пелети – це фекальні продукти безхребетних організмів

Ці зерна локалізуються у захищених лагунах і неглибоких міжприпливних вогнодмах, середовищах з дещо нижчою енергією, ніж ті, де утворюються грейпстоуни і ботрийдні зерна. В таких умовах пелети зазвичай не зберігаються, але при зневодненні і ущільненні перетворюються в мікрит у зонах мілководного поховання. Внаслідок цеме-

нтації в морських умовах пелети можуть зберігатися. Це зазвичай відбувається на відкритих платформах з активною вітровою та водною діяльністю (пелети видуває вітер або вимивають потоки води).

Поняття пелоїд (McKee, Gutschick 1969) – комплексний описовий термін для позначення полігенних зерен, складений мікро- й криптокристалічним карбонатом, або пелоїди – це зерна, складені мікритним матеріалом, які можуть мати різне походження, з облямівкою або без неї.

На рис. 7 наведено типи пелоїдів та склад їхнього ядра. В окремих випадках ідентифікувати походження пелоїдів неможливо через погане збереження (біологічну деградацію або «мікритизацію» карбонатних зерен) первинної внутрішньої структури (рис. 8).

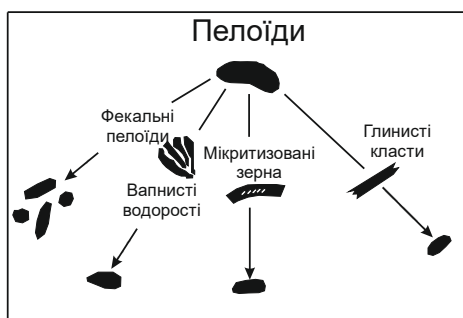


Рис. 7. Схема походження пелоїдів, за [12]

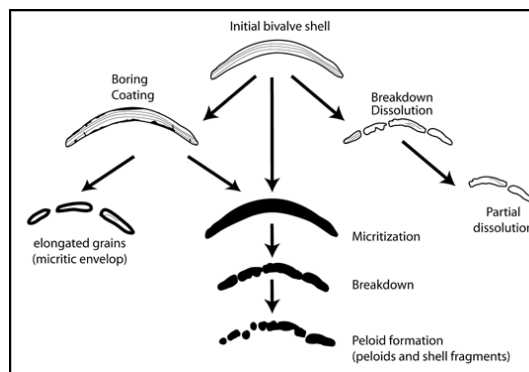


Рис. 8. Схема переходу скелетів двостулкових молюсків (процес мікритизації) у пелоїди, за [12]

Дрібнозернистий карбонатний осад мікрит може бути осаджений хімічним або біохімічним шляхом з морської води, отриманий внаслідок стирання раніше існуючих кальцієвих зерен, або утворюватися під час руйнування вапнистих зелених водоростей (рис. 9).

Цей осад накопичується в різних умовах: у спокійних водах ізольованих лагун, нижче базису діяльності хвиль, у більш глибоководних умовах і, навіть, усередині і в зонах, захищених водоростевими килимками. Якщо присутність мікриту використовують для інтерпретації параметрів осадження, то варто також брати до уваги його вертикальний зв'язок з іншими літологічними типами й аналіз органічних решток. Будь-яка інтерпретація ускладнюється наявністю цементів мікритного розміру, які можуть мати інший розподіл порівняно з дрібнозернистими відкладами. Мікритизація зруйнованих скелетних і нескелетних зерен, тобто перекристалізація раніше існуючої кристалічної тканини в мікритну, також до кінця не з'ясована. Це можна пояснити тим, що ці мікрозерна можуть мати різну природу походження – як органічну, так і фізичну чи хімічну (як фрагменти осадового мікриту) (табл. 1, рис. 10).

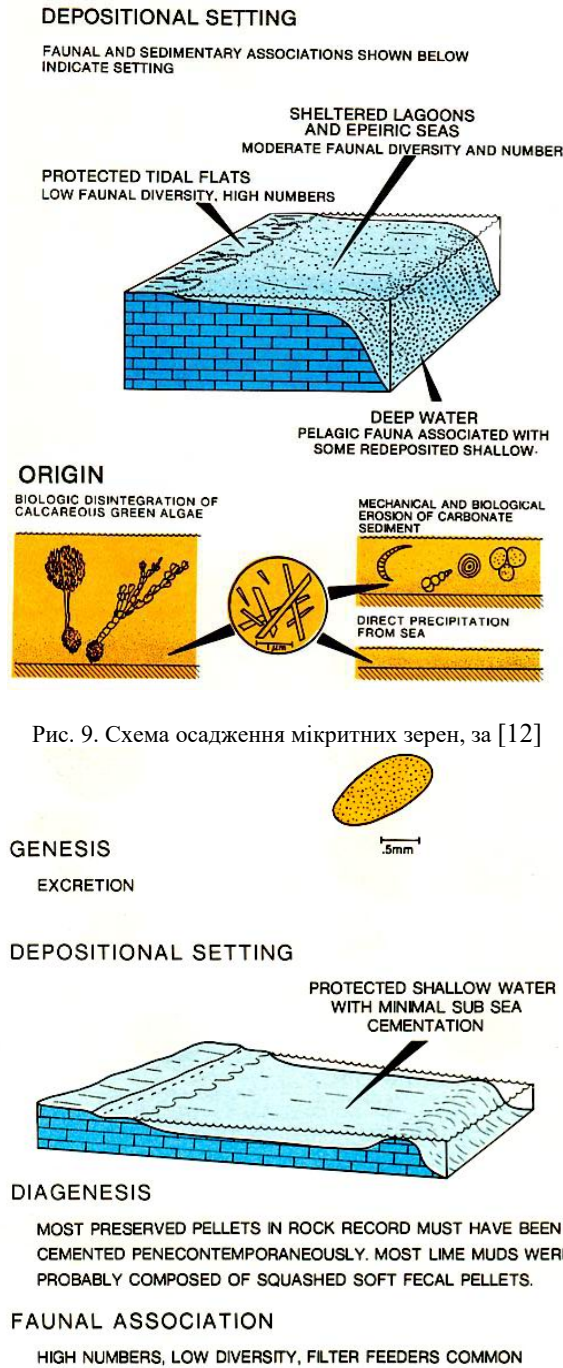


Рис. 9. Схема осадження мікритних зерен, за [12]



Рис. 10. Схема осадження пелетів, за [12]

Таблиця 1

**Походження і діагностичні критерії карбонатних пелоїдів,
за Е. Флюгелем (Flügel E., 2004) [8]**

	Походження	Типи	Діагностичні критерії
Біотичне	Літифіковані органічні екскременти	Фекальні пелети	Округло-видовжені, стрижнеподібні або яйцеподібні темнозабарвлені мікритні зерна, інколи сферичні. Зазвичай гомогенні або з включеннями глинистої розмірності, інколи з визначенням внутрішньої структури. Розмір менше 0,01 до кількох мм. Деякі асоціації з структурами біотурбації.
	Абразивні продукти водоростей і мікробіалітів	Водоростеві пелоїди	Неправильної форми, округлі мікритні зерна з чіткою градацією від зерен з реліктовими водоростевими структурами до гомогенних зерен. Розміром від 0,2 до 2 мм.
	Зерна як результат діяльності організмів – свердління і розпушення	Біоерозійні пелоїди	Неправильні субокруглі і кутасті зерна. Розміром від 0,2 до 0,01 мм.
Перероблені мули і зерна	Синседиментаційні і післяседиментаційні перероблені карбонатні мули і мікрити	Мулисті пелоїди (літифіковані пелоїди)	Коливання форми мікритних зерен, зазвичай без внутрішніх структур. Різних розмірів, погано сортовані. Часто трапляються в окремих шарах або ламинах.
	Внутрішні мушельні мікрити (фрагменти стулок бівальвій)	Мушельні пелоїди	Яйцеподібні мікритні зерна, інколи з реліктами залишків нероз'єднаних стулок (остракоди, дрібні бівальві).
Змінені зерна	Ооїди й округлі скелетні зерна, чий мікроструктури втрачені через мікритизацію	Багамітові пелоїди	Округлі мікритні зерна, деякі з реліктами первинних мікроструктур. Асоціації пелоїдів, агрегатні зерна і ооїди. Перехід мікритизованих біокластів у пелоїди того ж розміру. Більші за водоростеві пелоїди.
	Ооїди і скелетні зерна; мікроструктури зруйновані перекристалізацією	Пелетоїди	Мікрокристалічні зерна в місцях з незначеним залишком внутрішніх структур. Дифузний контур через об'єднання й ущільнення.
Утворені in-situ	Біохімічне осадження, викликане мікробами і органічною речовиною	Мікробіальні пелоїди	Асоційовані округлі мікритні зерна з ламинами та згустками тканин. Розміром від 0,8 до 0,06 мм.
	Хімічне осадження карбонатних цементів з або без органічного контролю	Осадкові пелоїди	Крихітні пелоїди з карбонатним цементом; складені у центрі хмароподібним мікритом, заокругленими чіткими зовнішніми ободками кристалів. Поява в осадах заповнених порожнин (наприклад, в рифах).

Термін пелоїд має лише описове значення, доки у процесі дослідження шліфів не буде виявлено інформацію про генетичне походження.

Теоретично-класифікаційний аспект. До недавнього часу вважалося, що оолітові вапняки мають виключно хемогенне походження за участю фізичних (механічних) чинників, однак в останні роки експериментальним шляхом була доведена роль біотичних процесів [4]. І цю обставину також варто брати до уваги під час створення їхньої класифікації. Аналіз еволюції поглядів науковців щодо інтерпретації генези оолітів виявив: 1) механічне походження шляхом агрегації дрібнозернистих частинок навколо ядра перекочуванням по дну на м'якому субстраті [10]; 2) хімічне походження шляхом осадження з перенасиченого розчину навколо ядра [5]; 3) біохімічне походження, в якому мінеральне осадження є каталізатором розчиненої органічної речовини [15]; 4) біологічне походження шляхом органіномінералізації поверхневої біоплівки [14]. На нашу думку, зважаючи на обставину, що ооліти чи оолітові вапняки здебільшого формуються в межах рифових систем (є продуктами руйнування й подальшого утворення), а рифові системи безперечно є результатом біо- і хемогенної діяльності, то безумовно у процесах генези цих порід наявна роль біологічних чинників.

На сучасному етапі за номенклатури, класифікації і термінології вапняків, складених сфероагрегатами (сферокластами, сфероїдами, оолітами), використовують комплекс ознак і чинників, у тім числі середовища і процеси осадження в межах сучасних басейнів з урахуванням фаціальних особливостей басейнів седиментації геологічного минулого. Крім того, не менш важливе значення відведено мікроскопічному вивченню оолітових вапняків, а саме мікрофаціальному аналізу. За первинним визначенням Брауна (Brown, 1943) і незалежних досліджень Кювільє (Cuvillier, 1925) термін мікрофація охоплював лише петрографічні й палеонтологічні критерії, діагностовані у тонких перетинах (шліфах). Однак у наш час мікрофації розглядають як сукупність усіх седиментологічних і палеонтологічних особливостей, які можуть бути описані й класифіковані у тонких перетинах (шліфах), плівках, шліфованих зразках або зразках гірських порід [9]. Отже, завдяки детальному (мікроскопічному) вивченню карбонатних порід виявлено специфічну морфологію оолітів – наявність двофазної будови (ядра й оболонки), різну категорію зерен (склад, розмір, форма, походження), що виконують роль ядра, різні морфологічні особливості облямівки, а це своєю чергою зумовило створення класифікації на основі типів зерен (органічний/неорганічний) та їхніх асоціацій (пелоїди, різнооблямовані ядра, агрегати зерен, класти), породило виникнення різноманіття назв (табл. 1, рис. 1, 2) і сприяло виділенню таких вапняків в окрему групу.

У своїй праці ми спробували з'ясувати питання термінології, номенклатури й класифікації окремої групи утворень зі специфічною будовою, речовинним складом й особливим зовнішнім виглядом – карбонатних порід, складених округлими, кулястими/сферичними, яйцеподібними (еліпсоподібними), горохо- чи бобоподібними формами. Для означення цих вапняків використовують такі науково-термінологічні поняття, як ооїди або ооліти [4, 6 та ін.], сфероагрегати (біосфероагрегати) [2], allochem [9, 10] та ін. Останній термін, запропонований американським дослідником Р. Фолком (Folk R. L., 1959; 1962), означає механічне осадження зерен, які здебільшого піддавалися транспортуванню (аккумуляції). Поняття сфероагрегати виділене російським дослідником В. Фроловим [2] і вжите українськими науковцями В. Хмелевським та ін. [3]. В основу класифікації німецького дослідника Е. Флюгеля (E. Flügel, 2004; 2010) [8] покладений комплекс ознак, серед яких головне значення відведене категорії зерен, що виконують роль ядер у кульках або сферах, й будові облямівки. Однак ним не запропоновано загального науково-термінологічного поняття для цих утворень. Ооїди або ооліти – це най-

більш поширена назва порід, яка надійно увійшла у вітчизняну і закордонну (науково-довідкову) геологічну літературу і сьогодні має чимало синонімів, зокрема, ікряний камінь, яйцеподібний камінь, Портлендський камінь, Маямі Ооліт, Hunts Bay Oolite, Shoofly Oolite, пізоліти та ін.).

У першому випадку Р. Фолк у своїй класифікації акцентує увагу на механізмі утворення і морфології порід (компонентному складі і структурно-текстурних особливостях). Подібних поглядів дотримується і Р. Данем (Dunham R. J., 1962) [7]. Також автори взяли до уваги діагенетичні перетворення. Інші – перевагу надають типам (категоріям) оолітів – морфології агрегатів, складу, розміру, зовнішній формі, макро- і мікρο-структурним особливостям), які є складовими цих порід. Російський дослідник В. Фролов запропонував термін сфероагрегати [2], який запозичили й українські науковці В. Хмелевський зі співавторами [3], під ним розуміють специфічні утворення сферичної форми, складені субстратом (речовиною) різного походження і складу. У праці німецького дослідника Е. Флюгеля (E. Flügel, 2004; 2010) [8] такого терміна не знаходимо, однак автор акцентує увагу на морфології сферичних форм і на підставі цієї ознаки виділяє зерна (ядра) різних типів, від яких залежить номенклатура назв.

Тому водночас з використанням поняття сфероагрегати, який чітко визначає зовнішній вигляд порід, пропонуємо для вжитку терміни сферокласти та сфероїди, або залишити поняття ооліти, яким користується уся світова геологічна спільнота, а його значення чітко відображає зовнішній вигляд утворень.

Нижче наводимо порівняння схем класифікацій і науково-термінологічних понять (табл. 2, рис. 11, 13), а також наукові підходи, використані дослідниками.

Таблиця 2

Порівняльна характеристика схем класифікацій сфероагрегатів (сфероїдів/оолітів)

Класифікація сфероагрегатів, за В. Фроловим (1992) [2], В. Хмелевським (2015) [3]	Класифікація оолітів, за Е. Флюгелем (E. Flügel, 2004; 2010) [8]	
	Тип (категорія) зерна	Назва (номенклатура) оолітів, сфероїдів, сферокластів
Сфероагрегатні/біосфероагрегатні Оолітові, Пізолітові, Бобові, Сферолітові, Псевдооолітові, Вузлуваті (нодулярні) Грудкуваті, Конкреційні та ін. – Онколіти, Біооліти, Копроліти (мікритової структури)	Мікритні зерна Облямівні зерна Агрегатні зерна Фрагменти порід/літокласти Біотичні фрагменти	<i>Пелоїди, пелети</i> <i>Кортоїди, ооїди, онкоїди, пізоїди</i> <i>Грейпстоуни, ботроїдні згустки</i> <i>Інтра- й екстракласти</i> <i>Скелетні зерна</i>

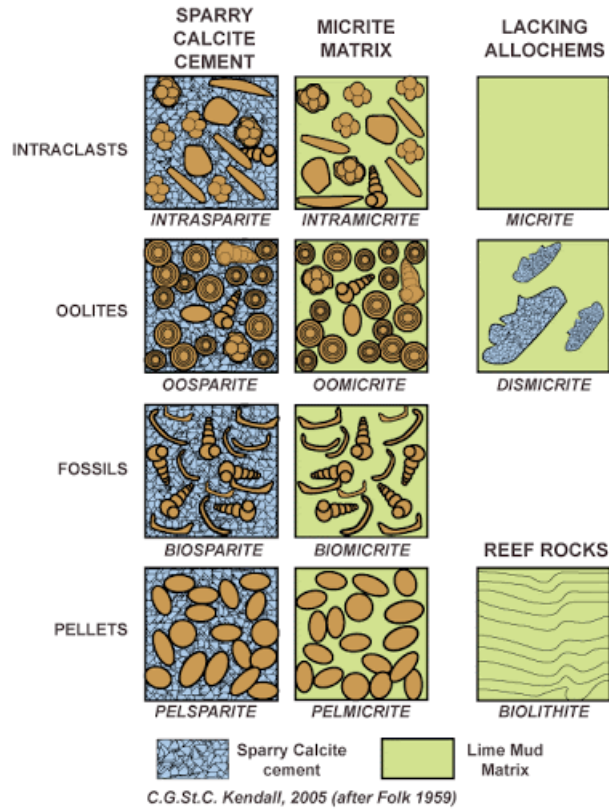


Рис. 11. Класифікація карбонатних порід (allochems), за Folk R. L., 1959, 1962 [9, 10]

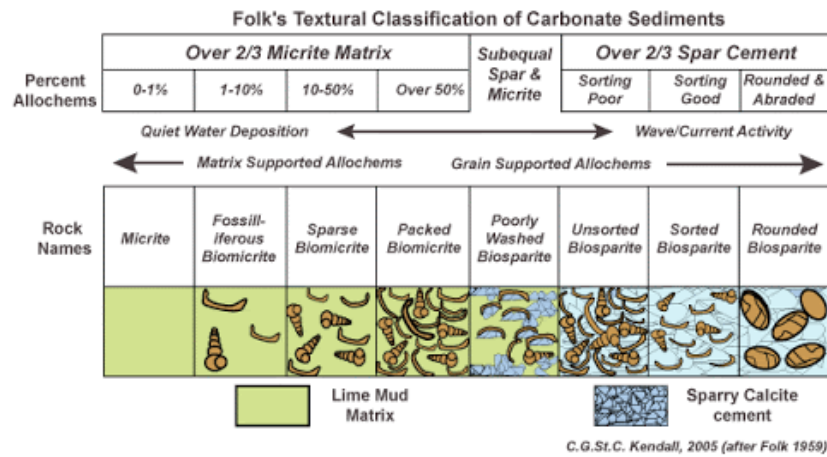


Рис. 12. Класифікація карбонатних порід (сфероагрегатів), за Dunham R. J., 1962 [7]

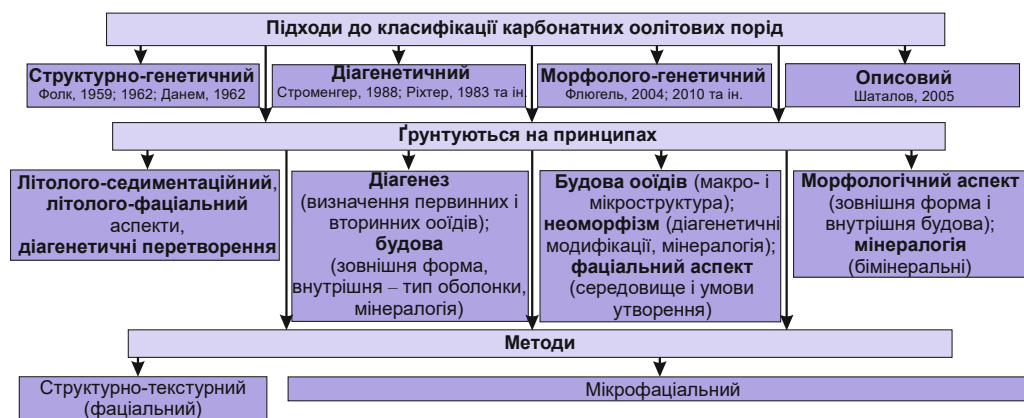


Рис. 13. Науково-теоретичні підходи до класифікації карбонатних сфероїдних порід

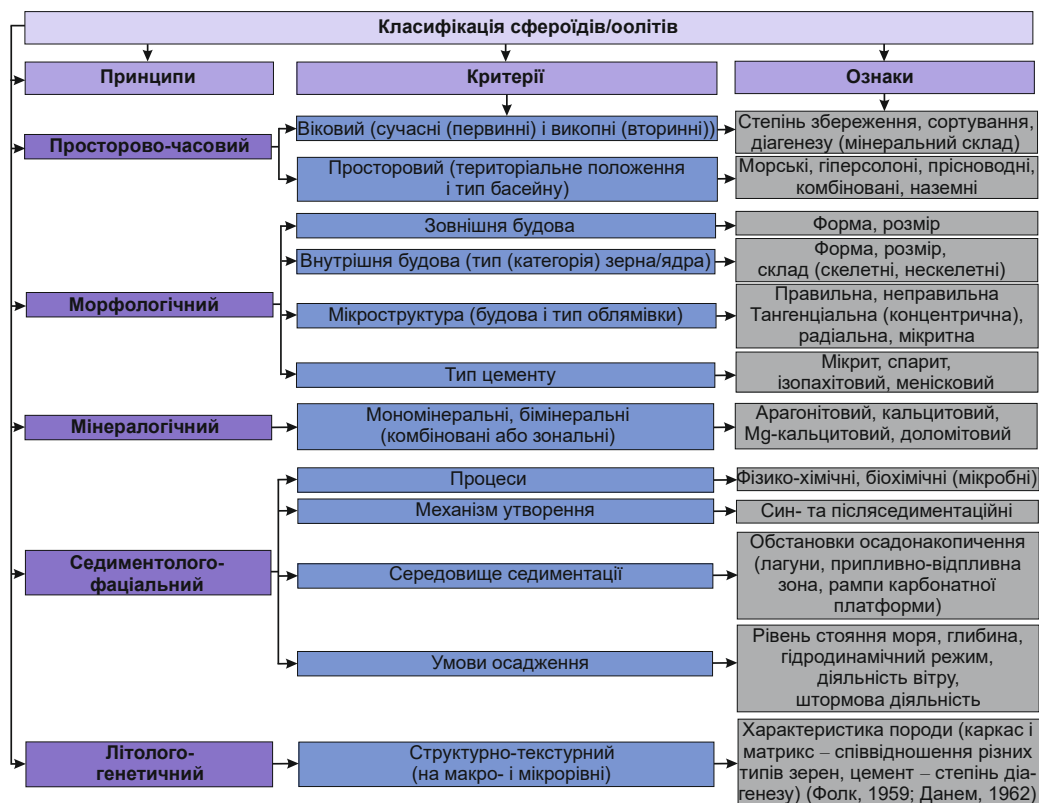


Рис. 14. Концептуально-теоретична модель класифікації сфероїдів/оолітів

Висновки. Отже, мікрофаціальний аналіз з чіткою діагностикою компонентного складу порід, категорій зерен, точних описів морфологічних особливостей їх макро- і мікроструктури, діагенетичних перетворень, доповнених середовищами й умовами утворення – це важливі аргументи у пошуку і визначенні науково-термінологічних понять, створенні класифікації і номенклатури для різних типів порід, складених сфероїдами/оолітами.

Типи ядер або категорії зерен – це продукти утворення (карбонати морських і неморських) палеосередовищ, які контролюються рядом чинників – інтенсивністю водної енергії (хвилеприбійної діяльності, типом середовищ седиментації); характером і диференціацією специфіки обстановок осадження і коливанням рівня моря. Вони створюють уявлення про глобальні варіації карбонатної мінералогії в океанах фанерозою. Зразки асоціацій зерен посідають важливе місце у реконструкції палеокліматичних зон та їх просторового положення. Зрілість складових компонентів вапняків (ступінь наближення осаду до наступних кінцевих членів: синседиментаційних кластів, ооїдів, фосилій, пелоїдів, мікритів і теригенних мінералів) – це збільшення складності процесів та їх проявів у карбонатних відкладах (Smosna, 1987). Зміна складу зерен відображає циклічне осадження й сприяє оцінці секвенс-стратиграфічних моделей. Типи зерен, мінералогія і просторові зміни у розподілі зерен є головними регуляторами розвитку пористості пластових порід.

На сучасному етапі номенклатура, термінологія й класифікація сфероїдів/оолітів потребує уточнення й деталізації з охопленням усієї сьогоденної наявної інформації. Доцільним є виділення принципів, критеріїв, ознак, які містили б, за можливості (через відсутність еталонного матеріалу), усі макро- і мікроскопічні методи досліджень і методи опису з метою узгодження усіх параметрів і характеристик (термінології) сфероїдів/оолітів для визначення різних їх типів (номенклатура). Запропоновано концептуально-теоретичну модель класифікації сфероїдів/оолітів (рис. 14).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Стратиграфічний кодекс України / відп. ред. П. Ф. Гожик. – 2-е вид. – Київ, 2012. – 66 с.
2. Фролов В. Т. Литология : в 3-х кн. : учеб. пособие. – Москва : Изд-во Моск. ун-та, 1992. – 336 с.
3. Хмелевський В. О. Літологія : Літогенез. Осадіві породи : навч. посібник / В. О. Хмелевський, О. В. Хмелевська. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2015. – 536 с.
4. Batchelor M. T., Burne R. V., Henry B. I., Li Fei, Paul J. A biofilm and organomineralisation model for the growth and limiting size of ooids // Scientific Reports. – 2018. – Vol. 8. – No. 559. – P. 1–9. DOI: 10.1038/s41598-017-18908-4
5. Bathurst R. G. Carbonate sediments and their diagenesis // Developments in Sedimentology. – Elsevier, 1975. – Amsterdam. – Vol. 12. – 658 p.
6. Burne R. V., Eade J. C., Paul J. The Natural History of Oolites: Franz Ernst Brückmann's treatise of 1721 and its significance for the understanding of oolites // Hallesches Jb. Geowiss. – 2012. – Vol. 35. – P. 93–114.
7. Dunham R. J. Classification of carbonate Rocks according to depositional texture. In: Ham W. E. (ed.). Classification of carbonate Rocks. – A Symposium: American Association of Petroleum Geologists. – Memoir. 1. – 1962. – P. 108–121.

8. Flügel E. *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application*. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004. – XXXVIII. – 976 p.
9. Folk R. L. Practical petrographic classification of limestones: American Association of Petroleum Geologists Bulletin. – 1959. – Vol. 43. – P. 1–38.
10. Folk R. L. Spectral subdivision of limestone types: in Ham W.E. (ed.). *Classification of carbonate Rocks*. – A Symposium: American Association of Petroleum Geologists. – Memoir 1. – 1962. – P. 62–84.
11. Marker B. R. Bath Stone and Purbeck Stone: A comparison in terms of criteria for Global Heritage Stone Resource Designation // *Episodes* 38 (2). – 2015. – P. 118–123.
12. SEPM Stratigraphy Web. Pisolites, Oncoids, and Oncolites. URL: <http://www.sepmstrata.org/page.aspx?pageid=107>
13. Sorby H. C. The structure and origin of limestones // *Proc. Geol. Soc.* – London. – 1879. – Vol. 35. – P. 56–94.
14. Shearman D. J., Twyman J., Karimi M. Z. The genesis and diagenesis of oolites // *Proceedings of the Geologists' Association*. – 1970. – Vol. 81. – P. 561–575.
15. Suess E., Fütterer D. Aragonitic ooids: experimental precipitation from seawater in the presence of humic acid // *Sedimentology*. – 1972. – Vol. 19. – P. 29–139.

REFERENCES

1. Stratigraphic code of Ukraine (Stratigrafichnyi kodeks Ukrainy) / resp. editor P. F. Gozhyk. 2-nd edition. – Kyiv, 2012. – 66 p.
2. Frolov V. T. *Litologiya : v 3-ch kn. : ucheb. posobiye*. – Moskva : Izd-vo Mosk. un-ta, 1992. – 336 s.
3. Chmelevskiy V. O. *Litologiya : Litologenez. Osadovi porody : navch. posibnyk / V. O. Chmelevskiy, O. V. Chmelevska*. – Lviv : LNU imeni Ivana Franka, 2015. – 536 s.
4. Batchelor M. T., Burne R. V., Henry B. I., Li Fei, Paul J. A biofilm and organomineralisation model for the growth and limiting size of ooids // *Scientific Reports*. – 2018. – Vol. 8. – No. 559. – P. 1–9. DOI: 10.1038/s41598-017-18908-4
5. Bathurst R. G. *Carbonate sediments and their diagenesis // Developments in Sedimentology*. – Elsevier, 1975. – Amsterdam. – Vol. 12. – 658 p.
6. Burne R. V., Eade J. C., Paul J. The Natural History of Oolites: Franz Ernst Brückmann's treatise of 1721 and its significance for the understanding of oolites // *Hallesches Jb. Geowiss.* – 2012. – Vol. 35. – P. 93–114.
7. Dunham R. J. Classification of carbonate Rocks according to depositional texture. In: Ham W. E. (ed.). *Classification of carbonate Rocks*. – A Symposium: American Association of Petroleum Geologists. – Memoir. 1. – 1962. – P. 108–121.
8. Flügel E. *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application*. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004. – XXXVIII. – 976 p.
9. Folk R. L. Practical petrographic classification of limestones: American Association of Petroleum Geologists Bulletin. – 1959. – Vol. 43. – P. 1–38.
10. Folk R. L. Spectral subdivision of limestone types: in Ham W.E. (ed.). *Classification of carbonate Rocks*. – A Symposium: American Association of Petroleum Geologists. – Memoir 1. – 1962. – P. 62–84.
11. Marker B. R. Bath Stone and Purbeck Stone: A comparison in terms of criteria for Global Heritage Stone Resource Designation // *Episodes* 38 (2). – 2015. – P. 118–123.

12. SEPM Stratigraphy Web. Pisolites, Oncoids, and Oncolites. URL: <http://www.sepmstrata.org/page.aspx?pageid=107>
13. Sorby H. C. The structure and origin of limestones // Proc. Geol. Soc. – London. – 1879. – Vol. 35. – P. 56–94.
14. Shearman D. J., Twyman J., Karimi M. Z. The genesis and diagenesis of oolites // Proceedings of the Geologists' Association. – 1970. – Vol. 81. – P. 561–575.
15. Suess E., Fütterer D. Aragonitic ooids: experimental precipitation from seawater in the presence of humic acid // Sedimentology. – 1972. – Vol. 19. – P. 29–139.

*Стаття: надійшла до редакції 10.01.2020
прийнята до друку 20.02.2020*

CONCEPTUAL AND THEORETICAL MODEL OF CLASSIFICATION SPHERICAL AGGREGATE (OOLITE) CARBONATE ROCKS: PRINCIPLES, CRITERIA, FEATURES

Yaryna Tuzyak

*Ivan Franko National University of Lviv,
Hrushevskogo Str., 4, Lviv, Ukraine, 79005
yarynatuzyak@gmail.com*

For the first time, based on the analysis of domestic and foreign literature, issues of nomenclature, terminology and classification of spheroaggregate carbonate formations (spheroclasts, spheroids, oolites) were considered. Scientific approaches, principles, criteria and features are defined, which are the basis of classifications and scientific-terminological concepts of both breeds and their components of spheroids. The component composition of rocks (grains, matrix, cement) and morphological features of spheroclasts (macro- and microstructure) are given. Places of localization of different types (categories) of ooids in sedimentation media have been clarified. A conceptual and theoretical model for the classification of spheroids has been proposed, covering all available information. Due to the lack of reference material, all macro- and microscopic features of this type of rock are generalized and description methods are summarized in order to coordinate all parameters and characteristics (terminology) of spheroids/oolites to determine their various types (nomenclature). The developed classification model can be used as a basis for describing spheroaggregate rocks. The relevance of studying this type of entity is highlighted. Their significance is determined as the object of study of such scientific areas – sedimentology, lithology, oil and gas geology, paleontology, stratigraphy, paleogeography, geotourism.

Keywords: spheroaggregates, spheroclasts, spheroids, oolites, nomenclature, classification, terminology.

ІСТОРІЯ НАУКИ

СТИСЛА ІСТОРІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗОНАЛЬНОСТІ ЗРУДЕНІННЯ ГІДРОТЕРМАЛЬНИХ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Микола Павлунь

*Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005
e-mail: geology.faculty@lnu.edu.ua*

Історія досліджень зональності зруденіння (ЗЗ) невіддільна від історії пізнання РКК – виявлення закономірностей їхньої будови, природи процесів утворення, розробки розшукових ознак. Зацікавленість у її дослідженнях зростала паралельно й синхронно із загальним розвитком гірничої справи і геологічної науки загалом.

Цю історію можна розділити на три умовні періоди, оскільки чіткі хронологічні межі провести досить складно і зазедве чи потрібно.

Перший період (XV–середина XIX ст.) стихійного (суто утилітарного, прагматичного) використання певних і здебільшого фрагментарних закономірностей (тенденцій) зміни складу руд у просторі.

Основу сучасних уявлень про рудні родовища було закладено в XVI ст. Георгіусом Агріколою. Його спостереження і висновки на рудних родовищах були просто неперевершеними для людини того часу, і тому його вважали батьком рудної геології. Зокрема, в частині зональності він писав: "... вапняковий шпат, що знайдений у жилі і з глибиною дещо нижче, не є сприятливим вказівником..." [1]. Агрікола також сформулював два важливі положення:

- 1) рудоносними каналами слугують вторинні розломи, молодші, ніж вмисні породи;
- 2) руди відкладаються з розчинів, що циркулюють по цих каналах.

Однак з часу діяльності Агріколи до початку XIX ст. дослідження ЗЗ слабо просулюлося вперед.

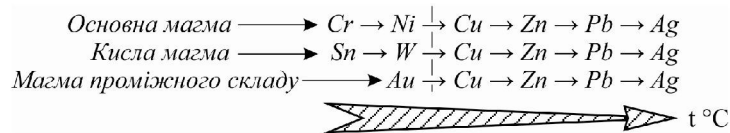
Другий період цілеспрямованого нагромадження даних про ЗЗ (середина XIX–20-ті роки XX ст.). Тоді вперше повну ЗЗ виявлено на Cu–Sn родовищі Корнуолл в Англії [2, 3]. Згодом зональність кардинально неодноразово розглядали Ф. Колінз [4], Р. Макалістер [5], Е. Девідсон [6] та ін. Як наслідок, на цьому родовищі вирізнені мінеральні зони (зверху вниз): карбонатів Fe і Mn; сульфідів (PbS, ZnS, Cu₃FeS₄, CuFeS₂); оксидів з халькопіритом CuFeS₂, вольфрамітом (Fe, Mn)[WO₄], каситеритом SnO₂. Щодо жильних мінералів, то на верхніх горизонтах цього родовища поширений флюорит, на нижніх – турмалін, а кварц є на всіх горизонтах. Водночас на о. Тасманія (родовище

Зіан) О. Уоллер [7] описав майже аналогічну зональність, лише в середній зоні тут ще поширений станін SnFeS_2 , а на нижній – каситерит з вольфрамітом і магнетитом Fe_3O_4 . В обох випадках передбачали, що така зміна складу руд з глибиною відповідає підвищенню температури рудоутворення.

У цей період досить інтенсивно в цьому напрямі працювали Т. Като [8], Т. Ватанабе [9], Г. Шумахер [10] та особливо інтенсивно – американські геологи [11, 12] та ін.

Третій період (з 20-х років ХХ ст. і до нашого часу) відомий першими крупними узагальненнями, створенням теоретичних основ формування ЗЗ і подальшим інтенсивним продовженням досліджень з теорії причин утворення і її практичного використання.

У цей третій і дуже важливий період таким першим великим узагальненням і ґрунтовною спробою сформулювати загальну теорію зональності родовищ корисних копалин (РКК) належить Дж. Сперра [13]. Зокрема, він вирізняв три головні ряди низхідної зональності родовищ, що, на його думку, зумовлені зниженням температури під час кристалізації магми:



Утім, найповніше узагальнення і спробу “реконструювати ідеальну жильну систему” (у напрямі від ядерної частини батоліту до його поверхні) зробив В. Емонс [14], який вирізняв у цьому напрямі 16 зон, відповідно до напрямку зменшення температури (Т, °С) рудоутворення: 1) безрудна-1 (кварцові жили); 2) олов’яна (кварц-каситеритові жили з топазом); 3) вольфрамова (кварцові жили з вольфрамітом, шеелітом, арсенопіритом); 4) миш’якова (жили кварцу з арсенопіритом і халькопіритом); 5) вісмутова (кварцові жили з піритом і вісмутином); 6) золото-сульфідна (золото-кварцові жили з сульфідами); 7) мідна (халькопірит-бляклі руди-енаргіт у кварці); 8) цинкова (кварцові жили зі сфалеритом, галенітом, халькопіритом); 9) свинцева (PbS і ZnS); 10) срібна (Ag_2S і сульфосоли Ag); 11) безрудна-2 (кварц-карбонатні жили); 12) і 13) золото-срібні руди з телуридами і сульфосолями; 14) сурм’яна (кварцові жили з Sb_2S_3 - PbS - Au); 15) ртутна (HgS); 16) безрудна-3 (барит, кварц, халцедон).

Як наслідок, В. Емонс розробив і запропонував ідеальну й універсальну (як він уважав) температурно-батолітову концепцію ЗЗ, більше відому за назвою “батолітова гіпотеза”, яку донині підтримують чимало американських геологів. Назагал у ній нічого аж такого “тріховного” немає, треба лише не забувати, що вона – це дуже загальний і збірний варіант зональності, пристосований винятково лише для батолітів, а температури рудоутворення тут важливі, однак не головні. Стисло суть цієї гіпотези охоплює:

- наявність універсального осередку (джерела) рудної речовини – крупних батолітових гранітів (поперек $n \times 10$ – $n \times 100$ км, на глибину батоліт розширюється, а його покрівля нерівна, з апікальними виступами);

- під час його становлення леткі компоненти нагромаджуються у верхній частині батоліту, формуючи так звану “мінералізаційну оболонку” в ендоконтакті потужністю 1,5–3,5 км, у якій локалізовані всі гідротермальні родовища;

- нижню межу цієї оболонки, за В. Емонсом, називають “мертвою лінією” (dead line), глибше якої в ядрі батоліту родовищ немає;

– родовища формуються лише на ранній стадії розвитку батоліту з єдиної порції розчинів під час їхнього охолодження синхронно до застигання силікатного розплаву (зверху вниз), тобто внаслідок занурення його теплового поля (рис. 1);

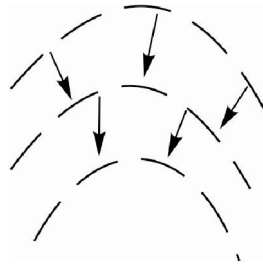


Рис. 1. Схема занурення теплового поля внаслідок застигання силікатного розплаву.

– батоліт і родовища формуються на великих глибинах і з'являються на поверхні внаслідок подальшої ерозії (розкривання денудацією);

– залежно від ступеня ерозії стосовно верхньої частини батоліту В. Емонс вирізняє шість зон з відповідними типами родовищ (рис. 2). Найпродуктивнішими зонами є *акробатолітова*, що розкривається на вершинному куполі (він особливо інтенсивно мінералізований), і *епібатолітова* (на глибинних його схилах). Умовно продуктивними є *ембатолітова* і *ендобатолітова*, що розкриваються в проміжному і денудаційному куполах. Непродуктивною є *гіпобатолітова* зона, що розкриває немінералізовану ядерну частину батоліту;

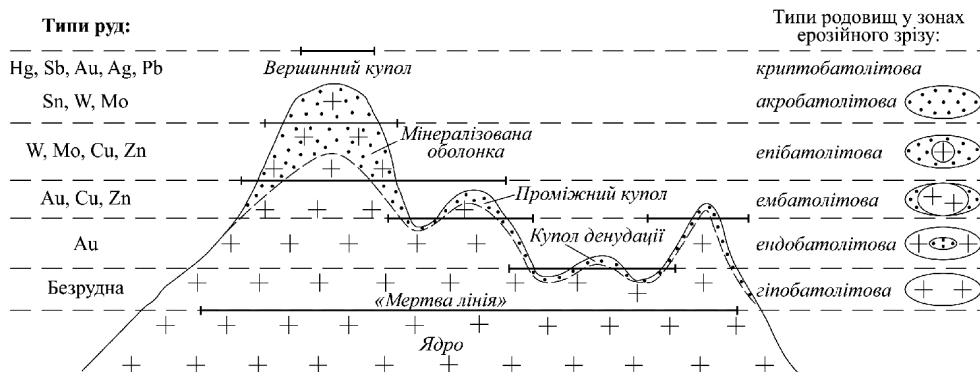


Рис. 2. Схема температурно-батолітової концепції зональності гідротермального зруденіння.

– родовища розташовані зонально, довкола застиглого батоліту у вертикальній і горизонтальній площинах (16 зон): безрудна – Sn → W → As → Bi → Au → Cu → Zn → Pb → Ag → безрудна → Au → Ag → Sb → Hg → безрудна;

– зональність зумовлена зниженням температури з віддаленням від центру батоліту.

У підґрунті цих побудов є два принципи:

1) “висхідні мінералізовані гарячі гідротерми відкладають мінерали в порядку, зворотному до їхньої розчинності під час входження в холодніші частини батоліту (зниження розчинності речовини і її кристалізація)”;

2) “зміни складу руд з наближенням до батоліту відображають зміну їхнього складу в межах окремих рудних жил унаслідок заглиблення”, а нижче за текстом В. Емонс ще додав “... хоча спостереження над жилами в жодній з них не знайшло усіх цих змін, однак вони, мабуть, існують” !??? Такі його уявлення ілюструє рис. 3.

Незважаючи на очевидні хиби і слабку генетичну аргументацію, *позірна стрункість* і, головню, *простота гіпотези* сприяли її широкій популярності. На пострадянському просторі її із захопленням підхопили навіть академіки О. Ферсман і В. Обручев. Однак усе ж таки її більше критикували, особливо і здебільшого В. Ліндгрєн [16] та дуже радикально і докладно С. Смірнов [17].

До головних її недоліків, за С. Смірновим, треба зачислити таке:

– уявлення про “бездонність” батолітів не підтвердилися: вони – це замкнуте геологічне тіло, хоч і великих розмірів, переходить з глибиною в цілу множину пошарових магматичних ін’єкцій (рис. 4);

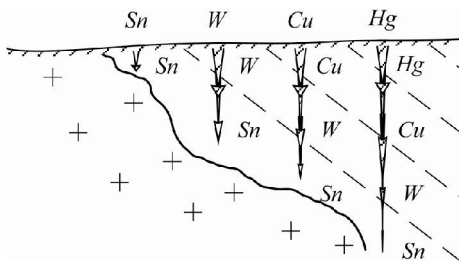


Рис. 3. Зональність зруденіння щодо відстані від батоліту (“ізоглибинне”, за В. Емонсом).

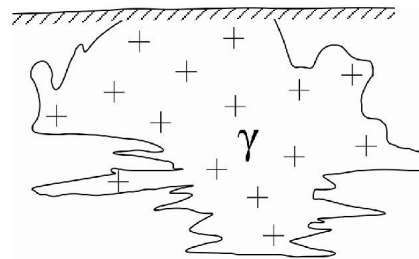


Рис. 4. Схема геологічної будови гранітоїдного батоліту (за С. Смірновим).

– відбулася переоцінка запропонованої В. Емонсом гіпертрофовано-виняткової ролі кислих гранітних інтрузій як універсальних джерел речовини. З одного боку, як відомо, багато таких інтрузивів різко спеціалізовані, з якими відтак пов’язана металогенічна спеціалізація цілих районів (Cu зруденіння в Арізоні, США; Pb–Zn – на Рудному Алтаї; там же Sn–W – у Калба-Наримі; Au–Ag – в Охотсько-Чукотському вулканоплутонічному поясі тощо). З іншого, зруденіння часто пов’язане і з основними інтрузіями, у зв’язку з якими відомі дуже великі родовища Cu у базальтоїдах (озеро Верхне, США); “гігантські” Cu–Ni – у габроїдах (Норильська група, Росія); Cr – в ультраосновних породах (Кемпірсай, Південний Казахстан) та багато ін.;

– постмагматичні РКК поширені не лише в порівняно вузькій (1,5–3,5 км) “мінералізованій області”, а й під “мертвою лінією”, тобто в ядерній частині батоліту, яка, за В. Емонсом, безрудна. Інакше під час зниження температури ця область має “мігрувати” вгору;

– постмагматичні РКК формуються не лише на початковому етапі становлення інтрузивів (тобто одноактно, з однієї порції розчинів) – на більшості родовищ процес рудоутворення переривається активізацією жильного магматизму з розвитком дайок

(тобто родовища формуються в середню і кінцеву стадію становлення інтрузиву з різних порцій (пульсацій) розчинів).

Загальний ряд В. Емонса не є універсальним і не може бути пояснений винятково зниженням температури. Зокрема, тому що:

1) на глибинних щодо синрудної палеоповерхні РКК, особливо метаморфогенно-гідротермального класу, ЗЗ на дуже великому інтервалі майже не виявлена (Колар, Індія, ~3 000 м; жила Материнська – 1 000 м; Бендіго і Калгурлі, Австралія; Порк'юпайн, Канада; Хоумстейк, США – до 2–3 км);

2) на приповерхневих малоглибинних родовищах ЗЗ не контрастна через просторове суміщення (накладання, телескопування) різночасових (пізніх на ранні) парагенезисів;

3) відомі непоодинокі й відмінні від схеми В. Емонса випадки зворотної зональності (з глибиною зростає роль низькотемпературних мінералів);

4) немало є прикладів РКК з невідповідною зональністю такій, за В. Емонсом, наприклад, Pb–Zn середньо-низькотемпературні поклади концентруються у високотемпературних асоціаціях (Суліван, Канада і Брокен-Хілл, Австралія); SnO₂ поширений у верхніх зонах каситерит-срібних родовищ Болівії (Потосі); високотемпературний ферберит Fe[WO₄] домінує в низькотемпературній асоціації з HgS і Sb₂S₃ (кіновар-антимоніт-ферберитова формація, Забайкалля в Росії).

Ця критика гіпотези В. Емонса та похідна багаторічна дискусія і нова фактологія визначили і спричинили необхідність розробки багатьох питань теорії рудоутворення: природи розчинів, їхнього зв'язку з магматизмом, ролі чинника часу і тривалості процесу, його перервності-неперервності, багатofакторності зональності тощо. Багато з цих питань аргументовано вирішив саме С. Смірнов [17]. У чому ж суть так званої "пульсаційної", відмінної від уявлень В. Емонса, теорії С. Смірнова? Ось її головні постулати:

– РКК формуються в умовах багаторазового (багатостадійного) відщеплення (пульсацій) розчинів – реювенації – з поступово охолоджуваного магматичного осередку під час його застигання, а не лише з однієї порції розчину! (на початкових і особливо на кінцевих стадіях його становлення);

– склад розчинів (набір металів) не є універсально-постійним (сталим), а змінюється в процесі еволюції магми, яка кристалізується, що й призводить до формування послідовної (у часі) низки мінеральних комплексів і родовищ;

– розчини кожної порції кожен раз циркулюють не за одними і тими самими, а за новими шляхами (тріщинами), відкладаючи нові парагенезиси в стороні від попередніх, чим власне й пояснюють зональність у поширенні мінеральних парагенезисів родовищ у просторі;

– у випадку суміщення шляхів формуються багатостадійні родовища, часто комплексні, з текстурами руд дроблення, цементації і перетинання;

– шляхи і напрям циркуляції визначають розвитком синрудних тріщинних деформацій, що мають [20, 21] доцентровий або ж відцентровий характер (пряма–обернена зональність).

Отже, порівнюючи батолітову гіпотезу В. Емонса та пульсаційну теорію С. Смірнова, доходимо висновку, що:

– відокремлення розчинів і формування багатьох парагенезисів відбувається не одноактно (з однієї порції розчинів), а багаторазово (з *n*-різних порцій). Чим більше стадій мінералізації, тим продуктивнішим буває родовище [30];

- шляхи циркуляції (структурна обстановка) – не дорудна (у цьому метафізика В. Емонса), а вона розвивається динамічно, синрудно (у цьому діалектика процесу);
- зміни складу розчинів відбуваються не лише під час зниження температури (самих розчинів, за В. Емонсом), а й під час кристалізації спорідненого інтрузиву (за С. Смірновим).

Отже, підсумовуючи погляди щодо температурно-батолітової гіпотези В. Емонса та пульсаційної теорії С. Смірнова, зазначимо таке (рис. 5).

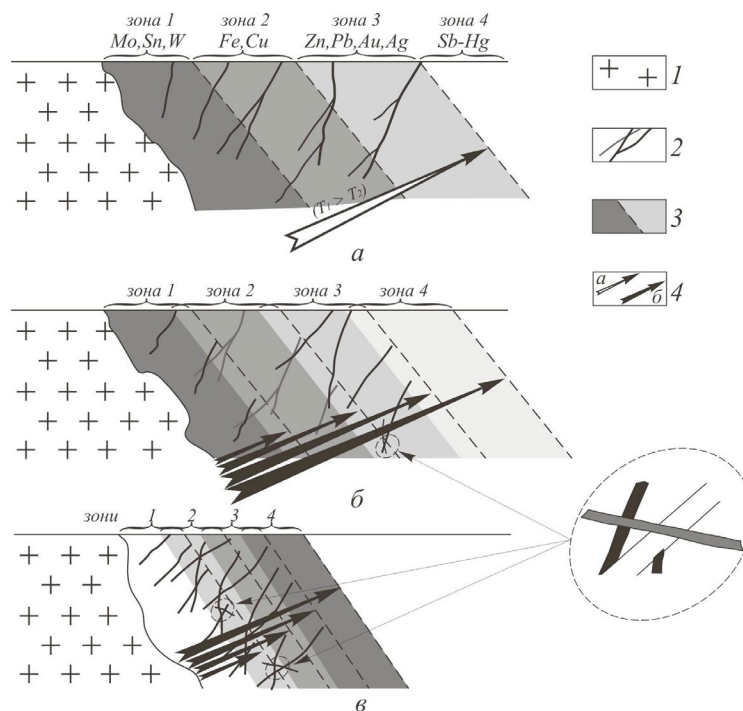


Рис. 5. Принципово важливі варіанти зонального розвитку гідротермального зруденіння в межах структурно-теплого впливу спорідненого інтрузиву гранітоїдів [18]:

a – відцентрова *фаціальна* зональність одноактної мінералізації, за В. Емонсом; *б, в* – *стадійна* зональність з частковим перекриттям зон (“телескопування”, за С. Смірновим), відповідно, відцентрового (*б*) і доцентрового (*в*) типів; 1 – рудогенерувальний масив гранітоїдів; 2 – жильні тіла різного віку; 3 – умовні межі послідовної мінералізації – від ранньої (темні зони) до пізньої (світліші зони); 4 – стрілками зазначено генеральну спрямованість термоградієнтів теплових полів загальною (*a*) і постадійною (*б*).

У рамках *температурно-батолітової гіпотези* еволюційність поглядів В. Емонса ґрунтувалася на припущенні такого:

- а) необхідні для локалізації руд структурні умови (зони розломів, системи тріщин) виникли та існували задовго до початку процесів рудоутворення;
- б) з проникненням у цю зону помірно кислих магм активне відокремлення летких відбувалося у вигляді єдиної “хвилі”, відповідно до стабільного теплового поля інтрузиву;

в) подальша кристалізація мінеральних асоціацій була зумовлена зниженням хімічної активності розчинених компонентів у режимі поступового охолодження системи на тлі стабільного тиску;

г) послідовність формування мінеральних асоціацій та фаціальний характер їхньої локалізації щодо інтрузивного контакту з позицій цієї гіпотези є винятковою функцією температурного чинника, тому зональність зруденіння передбачають лише відцентрового типу (див. рис. 5, а), що простежують далеко не завжди, як і далеко не завжди немає зруденіння гіпсометрично нижче так званої мертвої лінії (dead line). Ця гіпотеза у багатьох аспектах не витримала тиску фактологічних даних.

Пульсаційна теорія гідротермального рудогенезу ґрунтується на доведенні С. Смірновим того, що проявів ідеальної зональної мінералізації в природі нема, особливо за умов широкого розмаїття різних гідротермальних систем глибинного походження; натомість ідеться про кількісні варіації різновікових мінеральних асоціацій різного температурного діапазону (так званий ефект телескопування (накладання) руд відцентрового й доцентрового спрямування). Головні, революційні, порівняно з гіпотезою В. Емонса, положення пульсаційної гіпотези такі:

а) структурні умови локалізації зруденіння є не епімагматичного походження, а синмагматичного – вони формувалися безпосередньо під час магматичної дистиляції;

б) процеси тріщиноутворення під час проникнення магми та відцентрового розвантаження інтрузивних напружень посилювалися періодично (певними циклами), прокладаючи розчинам подальші шляхи міграції в напрямі зниження не температури, а тиску (відцентровий тип зональності (див. рис. 5, б));

в) мінералоутворювальні розчини надходили багаторазово (пульсаційно) у зв'язку з різкими перепадами тиску й температури відповідно до певних циклів тріщиноутворення;

г) під час циркуляції кожної порції гідротерм формувалися нові ряди спряжених мінералого-геохімічних парагенезисів, що зумовлено еволюційним характером *PT*-режиму власне цієї порції розчинів (так звані стадії мінералізації);

д) завершальні фази магматичної діяльності за провідної ролі процесів покрівельного просідання й утворення системи конічних тріщин сприяли поступовому збільшенню масштабів телескопування руд (див. рис. 5, в), а отже, й формуванню доцентрового типу їхньої зональності.

Розвиваючи ідеї С. Смірнова, А. Бетехтін [19] уперше сформулював питання про “етап” (мінералізацію одного проникнення) і “стадію” рудного процесу як його частини, що сприяло розвитку пульсаційної теорії С. Смірнова.

Опісля цього дослідники ЗЗ пішли шляхом з'ясування її чинників. Спершу розглядали чинники геологічні (за С. Смірновим) – рудної спеціалізації інтрузій і пульсаційно-переривчастого характеру процесу, та тектонічні (за О. Корольовим і Ф. Вольфсоном) [20, 21] – доцентрова й відцентрова зональність. Водночас почали надавати дедалі більшої уваги фізико-хімічним чинникам, зокрема питанню взаємодії розчинів із вмисними (бічними) породами [22]. У тім числі, на противагу температурній зональності В. Емонса, дедалі більше починала домінувати пульсаційна гіпотеза С. Смірнова, який звернув погляди вчених на “зональність відкладання” як наслідок різкої зміни фізико-хімічних умов рудоутворення з одного й того самого розчину (розчину однієї пульсації). Водночас А. Бетехтін розглянув чинники зміни режиму S і O₂ [19], а Ф. Чухров [23] розкрив вплив зміни концентрації лугів (Na + K) і глинозему (Al₂O₃). Фізико-хімічні

причини формування ЗЗ сформульовано у працях Д. Коржинського (про роль кислотно-основної (лужної) диференціації розчинів для формування вертикальної зональності метасоматитів) [29], О. Беуса (альбітитів і грейзенів) [25] і М. Наковника (зональність метасоматитів, у тім числі вторинних кварцитів) [26]. До 1960 р. стало зрозуміло, що ЗЗ є винятковим результатом не тільки геологічних, а певного комбінаторного поєднання геологічних і фізико-хімічних чинників. У цьому зв'язку О. Левицький і В. Смірнов [27] вирізили ЗЗ двох класів: стадійну (пульсаційну), у формуванні якої провідними є геологічні чинники, і фаціальну (відкладання), під час утворення якої головними вже є фізико-хімічні чинники.

Міжнародний конгрес з проблем постмагматичного рудоутворення в Празі [28] дійшов висновку, що головною адекватною концепцією формування зональності зруденіння є “пульсаційна” теорія, а не “температурно-батолітова” гіпотеза В. Емонса, і підкреслив пріоритетну роль чинників зовнішніх (геологічне середовище–тектоніка–літологія) та внутрішніх (фізико-хімічний стан середовища мінералоутворення–джерело розчинів, їхній *PT*-режим, реакції мінералоутворення тощо). Такий висновок щодо різноманіття причин виникнення зональності усе ж мав подвійні (позитивно-негативні) наслідки:

- позитивним було поглиблення аргументованих уявлень про природу ЗЗ;
- негативним стало певне поширення в наукових колах хибного висновку про хаотичність поєднання геологічних і фізико-хімічних умов формування різнотипової ЗЗ навіть на родовищах одного типу (тобто, що ЗЗ кожного родовища *індивідуальна*).

Однак на цей час (1960–1975) уже був нагромаджений значний фактологічний матеріал [29] з локальної зональності гідротермального зруденіння та регіональної зональності рудних провінцій під час металогенічних досліджень, хоча рудна зональність геологічних регіонів – явище особливого порядку, зумовлена, головню, дещо іншими чинниками, які нібито діють у процесі формування локальної зональності. Водночас значно багатший і більш прецизійний матеріал нагромадився саме з локальної зональності зруденіння родовищ золота [30], стануму [31], рудоносних W–Mo грейзенів (Г. Щерба) [31], рідкіснометалевих апогранітів – альбітитів [25], рідкіснометалевих пегматитів [32] та ін.

Ретельно проаналізувавши ці результати, одержали неочікувані висновки:

- головні риси ЗЗ у родовищах одного генотипу дуже *стійкі*;
- ця стійкість не залежить від особливостей генезису і геологічних умов залягання.

Уперше таку думку висловили Д. Рундквіст і І. Неженський [34]. Усе це коректно і прецизійно підтверджено термобарогеохімічними (ТБГХ) дослідженнями [35–38] у частині різних аспектів ТБГХ-зональності – палеотемпературної, газогеохімічної, гідрохімічної (іонометрія), агрегатно-густинної, декрептометричної та узагальненої (термобарогеохімічної) – і використовують сьогодні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Agricola G. De Re Metallica* / Ed. by H. C. Hoover and L. H. Hoover. – New York : Dover Publications, 1950.
2. *De la Beche H. T. Report on the Geology of Cornwall, Devon and West Somerset*. – London : Longman et al., 1839. – 648 p.

3. *Hinwood W. I.* The metalliferous deposits of Cornwall and Devon // *Trans. Roy. Geol. Soc. Cornwall.* – 1843. – N 5.
4. *Collins I. H.* Notes on the principal lead-bearing lodes of the west of England // *Trans. Roy. Geol. Soc. Cornwall.* – 1902. – N 12.
5. *MacAlister D. A.* Geological aspect of the lodes of Cornwall // *Econ. Geol.* – 1908. – Vol. 3, N 5. – P. 363–380.
6. *Davison E. H.* Recent evidence confirming the zonal arrangement of minerals in the Cornish lodes // *Econ. Geol.* – 1927. – Vol. 22, N 5. – P. 475–479.
7. *Waller G. A.* Report on the Zeehan silver-lead mining field // *Tasmanian Geol. Survey Bull.* – 1904. – Vol. 24.
8. *Kato T.* Some characteristic features of the ore deposits of Japan, related genetically to the Tertiary volcanic activity // *Jap. Jour. Geol., Geog.* – 1928. – Vol. 6.
9. *Watanabe T.* Geology and mineralization of the Suian District, Tyōsen (Korea) // *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Imper. Univ.* – 1943. – Ser. 4, Vol. 6. – P. 207–303.
10. *Schumacher F.* Genesis des Freiburger Erzdistriktes // *Intern. Geol. Congress : Report of the XVI Session (1933).* – Washington, 1936. – Vol. 1. – P. 399–405.
11. *Behrend F.* Beziehungen zwischen Erz und Stammagma // *Intern. Geol. Congress : Report of the XVI Session (1933).* – Washington, 1936. – Vol. 7.
12. *Brown W. H.* A quantitative study of zoning of ores at the Austinville mine, Wythe County, Virginia // *Intern. Geol. Congress: Report of the XVI Session (1933).* – Washington, 1936. – Vol. 1.
13. *Spurr J. E.* The Ore Magmas. – McGraw Hill, 1923. – Vol. 1. – 430 p. ; Vol. 2. – P. 431–915.
14. *Emroohs W. H.* Primary downward changes in ore deposits // *Trans. Am. Inst. Mining and Metall. Eng.* – 1924. – Vol. 70. – P. 964–992.
15. *Emroohs W. H.* Relations of metalliferous lode systems to igneous intrusives // *Trans. Am. Inst. Mining and Metall. Eng.* – 1927. – Vol. 74. – P. 29–70.
16. *Lindgren W.* Succession of minerals and temperatures of formation in ore deposits of magmatic affiliation // *American Institute of Mining and Metallurgical Engineers Transactions.* – 1937. – Vol. 126. – P. 356–376.
17. *Смирнов С. С.* К вопросу о зональности рудных месторождений // *Изв. АН СССР. Сер. геол.* – 1937. – № 6. – С. 1071–1083.
18. *Ляхов Ю. В., Павлунь М. М., Ціхонь С. І.* Геологія корисних копалин. Ч. 1. Рудогенез. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2012. – 286 с.
19. *Бетехтин А. Г.* О влиянии режима серы и кислорода на парагенетические соотношения минералов в рудах // *Изв. АН СССР. Сер. геол.* – 1949. – № 3. – С. 3–26.
20. *Королев А. В.* Зависимость зональности оруденения от последовательности развития структур рудных месторождений // *Изв. АН СССР. Сер. геол.* – 1949. – № 1. – С. 66–78.
21. *Вольфсон Ф. И., Невский В. А.* О первичной зональности в гидротермальных месторождениях // *Изв. АН СССР. Сер. геол.* – 1949. – № 1. – С. 79–94.
22. *Билибин Ю. А.* К вопросу о вертикальной зональности рудных месторождений // *Зап. Всесоюз. минерал. об-ва.* – 1951. – Ч. 80, № 2. – С. 81–87.
23. *Чухров Ф. В.* Минералогия и зональность Восточного Коунрада. – Москва : Изд-во АН СССР, 1960. – 239 с. (Тр. ИГЕМ АН СССР ; вып. 50).

24. Коржинский Д. С. Гидротермальная кислотно-щелочная дифференциация // Докл. АН СССР. – 1958. – Т. 122, № 2. – С. 267–270.
25. Беус А. А. Альбититовые месторождения // Генезис эндогенных рудных месторождений. – Москва : Недра, 1968. – С. 303–377.
26. Наконник Н. И. Вертикальная зональность продуктов постмагматического метасоматоза и место в ней формации вторичных кварцитов и пропилитов // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. – 1963. – Ч. 92. – Вып. 4. – С. 394–409.
27. Левицкий О. Д., Смирнов В. И. Значение первичной зональности для поисков рудных тел гидротермального происхождения, не выходящих на поверхность // Советская геология. – 1959. – № 2. – С. 118–161.
28. Проблемы постмагматического рудообразования. – Прага : Изд-во Чехословацкой АН, 1963. – Т. 1. – 588 с. ; 1965. – Т. 2. – 595 с.
29. Зональность гидротермальных рудных месторождений: в 2 т. – Москва : Недра, 1974.
30. Петровская Н. В. Самородное золото (общая характеристика, типоморфизм, вопросы генезиса). – Москва : Наука, 1973. – 350 с.
31. Щерба Г. Н. Формирование редкометалльных месторождений Центрального Казахстана. – Алма-Ата : Наука Казахской ССР, 1960. – 379 с.
32. Гинзбург А. И., Тимофеев И. Н. Основы геологии гранитных пегматитов. – Москва : Недра, 1979. – 296 с.
33. Кигай И. Н. Генезис гидротермальных месторождений цветных и редких металлов, связанных с гранитами : дисс. на соискание уч. степени д-ра геол.-мин. наук в форме научного доклада. – Москва, 1989. – 46 с.
34. Рундквист Д. В., Неженский И. А. Зональность эндогенных рудных месторождений. – Ленинград : Недра, 1975. – 224 с.
35. Лазько Е. М., Ляхов Ю. В., Пизнюр А. В. Физико-химические основы прогнозирования постмагматического оруденения (по термобарогеохимическим данным). – Москва : Недра, 1981. – 253 с.
36. Павлунь Н. Н. О термобарогеохимической зональности молибден-вольфрамового месторождения Акчатау в Центральном Казахстане // Докл. АН СССР. – 1984. – Т. 274, № 6. – С. 1450–1454.
37. Ляхов Ю. В., Павлунь Н. Н., Пизнюр А. В., Попивняк И. В. Термобарогеохимия золота (прогнозирование, поиски и оценка оруденения). – Львов : Свит, 1995. – 280 с.
38. Ляхов Ю., Павлунь М. Термобарогеохімічне обґрунтування рудно-формаційної належності ендегенних золоторудних родовищ України: теоретичні та методологічні аспекти // Мінерал. зб. – 2002. – № 52, вип. 1. – С. 68–73.

Стаття: надійшла до редакції 13.01.2020
прийнята до друку 12.02.2020

УДК 56.01+551.7 (477.83)

ПАЛЕОНТОЛО-СТРАТИГРАФІЧНА ШКОЛА ІМЕНІ АКАДЕМІКА ОЛЕГА ВЯЛОВА У ЛЬВІВСЬКОМУ НАЦІОНАЛЬНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА

Антоніна Іваніна

*Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005
antonina.ivanina@lnu.edu.ua*

Наведено короткий історичний екскурс про становлення наукового напрямку – палеонтології і стратиграфії – та виникнення палеонтолого-стратиграфічної школи у Львівському університеті на геологічному факультеті. Палеонтоло-стратиграфічна наукова школа імені О. С. Вялова зародилась у 80-90-х роках XIX ст., остаточно сформована в середині XX ст. У Львівському університеті за всю історію палеонтолого-стратиграфічними дослідженнями охоплено значне коло викопних організмів (спори, пилок, нанофосилії, форамініфери, остракоди, губки, молюски, агнати, риби, макрорештки рослин, іхнофосилії тощо), виявлених у відкладах від силуру до неогену різних геологічних регіонів. Загалом за період існування школи видано понад 2 500 наукових публікацій, у тім числі 60 монографій, 14 навчально-методичних посібників, стратиграфічні схеми і біозональні шкали різних структурно-тектонічних одиниць, монографічно описано понад 1 300 видів (з них – 209 нові) організмів з різновікових відкладів геологічних регіонів України. Найяскравішим представником палеонтолого-стратиграфічної школи є академік О. С. Вялов, учений світового значення, розробник новітнього напрямку палеонтологічних досліджень – іхнології, організатор Українського палеонтологічного товариства, ініціатор видання “Палеонтологічного збірника”. Його ім’я присвоєно палеонтолого-стратиграфічній науковій школі Львівського університету, засновником якої він є. Нині школу палеонтологів і стратиграфів геологічного факультету очолює професор Р. Й. Лешух. У її складі є сім працівників, які поєднують викладацьку, наукову, просвітницьку діяльність та успішно втілюють головну мету діяльності школи – передання студентській аудиторії новітніх знань з геології осадових порід, популяризація і всебічний розвиток палеонтології, стратиграфії, еволюції біосфери, наук про утворення осадових порід і корисні копалини, які вони містять.

Ключові слова: палеонтологія, стратиграфія, геологічний факультет, Львівський національний університет ім. І. Франка.

Палеонтоло-стратиграфічна школа імені академіка Олега Вялова у Львівському університеті зародилась у 80–90-х роках XIX ст., остаточно сформована в середині

XX ст. Її фундаментом стали відомі вчені, які зробили вагомий внесок у розвиток геологічної науки.

Виникненню школи передувало закладення основ стратиграфії і становлення палеонтологічного напрямку завдяки уведенню в навчальний процес лекційних курсів з палеонтології (80–90 роки XIX ст.). Перша біостратиграфічна робота з'явилась 1876 р. Вона належить перу визначного галицького геолога Ю. Медвецького, присвячена визначенню відносного віку вмісних порід околиць с. Кругелі поблизу Перемишля за фауною амонітів. У 1877–1878 навчальному році приватний доцент Ф. Каменський запровадив першу палеонтологічну дисципліну – “Палеонтологія рослин”. Популяризації палеонтології в той період сприяли проведення (з 1892 р.) приватним доцентом В. Тейссейром палеонтологічних екскурсій околицями м. Львова й виклад курсів “Систематична палеонтологія”, “Загальна палеонтологія”, “Палеонтологія околиць Львова”, “Палеонтологія Поділля”, “Анатомія і систематика головоногих”, “Мезозойська фауна”. З 1894 р. професор, доктор філософії, геолог, мінералог і палеонтолог Е. Дуніковський увів у навчальний процес лекції з курсу “Історії Землі та органічного світу”.

Поміж видатних геологів, які працювали з кінця XIX – у першій половині XX ст., згадаємо тих, які своїми працями розвивали власне палеонтолого-стратиграфічні дослідження і сприяли становленню палеонтології і стратиграфії у Львівському університеті. Це Ю. Семірадський (стратиграфія та фауна юри Польщі), Я. Самсонович (палеозой Свентокшиських гір), Б. Кокешинська (фауна, фації і стратиграфія крейди Волино-Поділля і Карпат), В. Зих, праці якого про геологічну будову Поділля та описи решток панцирних риб і агнат з девонських відкладів й сьогодні не втратили актуальність і віднесені до наукової класики.

Новий період розвитку палеонтології і стратиграфії у Львівському університеті почався 1945 р., коли створено геологічний факультет і відкрито кафедру історичної геології та палеонтології. Першим завідувачем кафедри був академік О. С. Вялов (1945–1957) – учений зі світовим ім'ям, наукові інтереси якого охоплювали майже всі напрями геології (рис. 1). Він – почесний член геологічних товариств багатьох країн світу, лауреат Державних премій СРСР (1947), України (1986), Премії ім. В. І. Вернадського (1979), Заслужений діяч науки УРСР (1981) [2, 3, 10, 12, 15, 16]. Найбільше визнання Олег Степанович отримав у царині палеонтології і стратиграфії як всесвітньо відомий малаколог, дослідник кайнозойських ехінодермат, форамініфер; фундатор нового напрямку палеонтологічних досліджень – палеоіхнології (вивчення іхнофосилій); автор численних фундаментальних наукових праць зі стратиграфії і палеонтології; розробник стратиграфічних схем крейдових і кайнозойських відкладів Середньої Азії, Китаю, Карпат і Прикарпаття. Він був організатором і першим президентом Українського палеонтологічного товариства. За його ініціативою 1961 р. на геологічному факультеті започатковане перше й донині єдине в Україні періодичне видання “Палеонтологічний збірник”, у якому висвітлюють різноманітні питання палеонтології, стратиграфії, палеоекології, новітні матеріали щодо монографічного вивчення, філогенії та систематики палеоорганізмів тощо.

Великою заслугою О. С. Вялова є створення школи палеонтологів і стратиграфів, яка складається з його учнів, учнів його учнів, послідовників та існує дотепер. Поміж його вихованців є знані вчені-палеонтологи. Це д-р геол.-мін. наук, проф. Голев Б. Т., відомий працями зі стратиграфії та палеонтології палеогену Карпат за фауною нуммулітів; д-р геол.-мін. наук, проф. А. С. Андреева-Григорович; д-р геол.-мін. наук

Д. М. Дригант (стратиграфія та коноданти палеозою Волино-Поділля); д-р геол.-мін. наук, проф. Р. Й. Лещух; канд. геол.-мін. наук Г. М. Волошина; канд. геол.-мін. наук Л. Н. Горбач; канд. геол.-мін. наук В. М. Палій; канд. геол.-мін. наук Л. Д. Пономарева; канд. геол.-мін. наук А. М. Романів та ін.

Особливе значення для розвитку палеонтолого-стратиграфічної школи і перетворення Львова на великий палеонтологічний центр мали численні семінари, колоквиуми, симпозіуми, експедиції, організовані та проведені під керівництвом О. Вялова у 1961–1975 рр. (колоквиуми з мікрофауни майкопських відкладів, остракод, крейдових і третичних форамініфер, іноцерамів юри і крейди, палінологічний колоквиум; семінари з мікрофауни крейдових і третичних відкладів Карпат, Передкарпатського і Закарпатського прогинів, радіолярій, викопних слідів життєдіяльності тощо).

Усе, що зробив Олег Вялов для розвитку палеонтології і стратиграфії, є підставою вважати його засновником школи палеонтологів і стратиграфів не тільки у Львівському університеті, а й в Україні загалом.

У 60–80-х роках ХХ ст. палеонтолого-стратиграфічний напрям на геологічному факультеті очолив професор В. О. Горецький (рис. 1) – завідувач кафедри історичної геології та палеонтології (1957–1974); відповідальний редактор «Палеонтологічного збірника» (1965–1979); голова Львівського відділення палеонтологічного товариства (1956–1960); керівник дисертаційних робіт з палеонтології і стратиграфії, чудовий пропагандист біотичного тренду в історії біосфери і лектор (курси “Палеонтологія”, “Історична геологія”, “Біостратиграфія”) [3, 10, 12, 15, 16, 19]. Його головний науковий доробок – вивчення стратиграфії і фауни моллюсків міоценових відкладів півдня та заходу України, біостратиграфічний поділ цих утворень та їхня кореляція – актуальний донині.

Згодом, до середини 90-х років ХХ ст. активним популяризатором палеонтології і стратиграфії став відомий дослідник геології Карпат, д-р геол.-мін. наук, проф. Я. О. Кульчицький (рис. 1), який очолив кафедру історичної геології та палеонтології і палеонтолого-стратиграфічну школу геологічного факультету у 1974–1990 рр. [3, 10, 12, 15, 16]. Його праці з геології Українських Карпат, стратиграфії та палеонтології (зокрема: Стратиграфія УРСР. Т. 8. Крейда, 1971 [22]) є настільними книгами багатьох поколінь геологів.

У цей час у розвитку палеонтології і стратиграфії на геологічному факультеті велику роль зіграла наукова діяльність д-ра геол.-мін. наук С. Пастернака (вивчав стратиграфію, палеогеографію та фауну крейдових відкладів заходу України); д-ра геол.-мін. наук І. Венгліньського (форамініфери і біостратиграфія кайнозойських відкладів заходу України); д-ра геол.-мін. наук, проф. Л. Кудріна (палеоекологія, стратиграфія, палеонтологія міоценових відкладів західних областей України); д-ра геол.-мін. наук, проф. А. С. Андрєвої-Григорович (її науковий інтерес – викопні нанофосилії палеогену і неогену України; вона є розробником двох біостратиграфічних напрямів для кайнозойських відкладів – за нанопланктоном і диноцистами, одним із авторів стратиграфічних схем неогену заходу України; під її керівництвом захищено 10 кандидатських й одну докторську дисертації); канд. геол.-мін. наук, доц. В. Шеремети (дослідження фауни остракод палеогену України і розробка уніфікованої стратиграфічної шкали палеогену); канд. геол.-мін. наук, наук. співробітника Л. П. Горбач (іхтіофауна крейди Карпат і Криму); канд. геол.-мін. наук, завідувача лабораторії спорово-пилкового аналізу О. З. Ісагулової (палінологія юрських відкладів заходу України), Х. Б. Медведєвої, Б. М. Романюка, З. І. Хмільєвського, Волошиновської О. І. та ін. [3, 10, 12, 15, 16].

З 1996 р. палеонтолого-стратиграфічну школу очолює д-р геол.-мін. наук, проф. Р. Й. Лещух (рис. 1). Під його керівництвом продовжено на якісно новішому сучасному рівні палеонтологічні та біостратиграфічні дослідження, започатковані Ю. Медвецьким та розвинені в другій половині минулого сторіччя О. Вяловим, В. Горецьким, С. Пастернаком, І. Венглінським та ін. Наукові інтереси Романа Йосиповича багатогра-



Рис. 1. Очільники Палеонтолого-стратиграфічної школи геологічного факультету ЛНУ ім. І. Франка, зліва направо: О. С. Вялов; В.О. Горецький; Я. О. Кульчицький; Р. Й. Лещух

нні й охоплюють різноманітні фундаментальні і прикладні аспекти палеонтолого-стратиграфічних досліджень Карпатської і Причорноморсько-Кримської нафтогазоносних провінцій. Це палеонтологія, стратиграфія та малакофауна тріасових, юрських і

крейдових відкладів, розробка стратиграфічних схем, деталізація мезозойської історії геологічного розвитку заходу і півдня України – тематика, якій присвячено шість монографій і два навчально-методичні посібники (рис. 1–3).

Навколо Р. Й. Лещуха сформувалось потужне ядро молодих учених, його учнів, які з 2004 по 2018 рр. під його керівництвом захистили вісім кандидатських дисертацій за спеціальністю 04.00.09 – палеонтологія і стратиграфія. Це: “Молюски і стратиграфія юрських відкладів Пенінської зони Українських Карпат” (Г. Гоцанюк, 2004); “Молюски і стратиграфія середньоюрських відкладів Зовнішньої (Більче-Волицької) зони Передкарпатського прогину” (І. Шайнога, 2004); “Стратиграфія та молюски силурійських відкладів південно-західного краю Східноєвропейської платформи” (А. Данилів, 2008); “Форамініфери і стратиграфія нижньокрейдових відкладів Рівнинного Криму” (Я. Тузяк, 2010); “Стратиграфія і головоногі молюски верхньокрейдових відкладів Волино-Поділля” (І. Мар’яш, 2013); “Стратиграфія та молюски юрських відкладів Західного Причорномор’я” (О. Старжинський, 2013); “Стратиграфія і двостулкові молюски верхньокрейдових відкладів північно-східної частини Волино-Поділля” (Я. Курепа, 2018); “Стратиграфія і молюски крейдових відкладів Українських Карпат (Скибова, Чорногорська, Дуклянська, Кросненська, Рахівська зони)” (З. Хевпа, 2018).

Також найкращі традиції представників львівської палеонтолого-стратиграфічної школи. продовжують канд. геол.-мін. наук, доц. А. В. Іваніна і д-р геол.-мін. наук, проф. В. І. Узіюк, розвиваючи палеоботанічний напрям досліджень вугленосних товщ карбону Львівсько-Волинського та Донецького вугільних басейнів.

Палеонтологи і стратиграфи геологічного факультету завжди підтримували і підтримують наукові зв’язки з багатьма геологічними установами України і зарубіжжя, брали участь у численних міжнародних, всеукраїнських наукових конференціях та семінарах, наукових стажуваннях, сесіях Українського палеонтологічного товариства, а також активно організовують різні наукові заходи. Зокрема, за ініціативою Р. Лещуха, проводиться щорічна всеукраїнська наукова конференція «Проблеми фанерозою України», присвячена актуальним питанням геологічних досліджень в Україні – проблемам палеонтології, тафномії, палеоекології, біостратиграфії фанерозою, закономірностям розташування та умовам формування родовищ корисних копалин, науковій хроніці тощо.

Фундаментом успішного функціонування палеонтолого-стратиграфічної наукової школи у Львівському університеті і на геологічному факультеті була і є діяльність когорти видатних учених, які активно популяризували, розвивали палеонтологію і стратиграфію, запроваджували новітні розробки в освітній процес, вирішували прикладні геологічні завдання. У Львівському університеті за всю історію палеонтолого-стратиграфічними дослідженнями охоплено значне коло викопних організмів (спори, пилок, нанофосилії, форамініфери, остракоди, губки, молюски, агнати, риби, макро-рештки рослин, іхнофосилії тощо), виявлених у відкладах від силуру до неогену різних геологічних регіонів. Загалом за період існування школи видано понад 2 500 наукових публікацій, у тім числі 60 монографій, 14 навчально-методичних посібників, стратиграфічні схеми і біозональні шкали різних структурно-тектонічних одиниць (рис. 2, 3).



Рис. 2. Деякі монографічні видання представників палеонтолого-стратиграфічної школи ім. О. Вялова геологічного факультету



Рис. 3. Деякі навчально-методичні посібники представників палеонтолого-стратиграфічної школи ім. О. Вялова геологічного факультету

Значну кількість наукових публікацій присвячено визначенню систематичного складу і морфологічному вивченню різноманітних груп викопних організмів, які мають важливе значення для стратифікації розрізів, обґрунтування віку стратонів і є надійною основою для біостратиграфічної деталізації регіональних стратиграфічних схем. За час існування школи монографічно вивчено понад 1 300 видів (з них визначено 209 нових видів) організмів з різновікових відкладів геологічних регіонів України. Вперше наве-

дено монографічний опис: 98 видів перидиней, акритарх; 80 видів коколітів з крейдових і палеогенових відкладів Українських Карпат (Андреева-Григорович А. С. [1]); трьох родин, шести родів і восьми видів кременистих форамініфер з верхньокрейдового флішу Карпат (Вялов О. С.); десятків видів кайнозойських форамініфер Передкарпатського, Закарпатського прогинів і Волино-Подільської плити (Венглінський І. В. [4, 5]); 34 видів нумулітів з палеогенових відкладів Карпат (Голев Б. Т.); 36 видів форамініфер з крейдових відкладів Рівнинного Криму (Тузяк Я. М.); 212 видів остракодів з палеогенових відкладів України (Шеремета В. Г. [25]); 69 таксонів конодонтів з девонських відкладів Волино-Поділля (Дригант Д. М. [11]); 96 видів спор і пилку з середньопалеозойських відкладів Волино-Поділля (Іваніна А. В.); 180 видів макрофауни неогену Волино-Поділля (Горецький В. В.); 131 виду молюсків нижньої крейди півдня України, 48 видів амонітів з крейди Українських Карпат (Лещух Р. Й. [18, 20]); 80 видів амонітів і наутилоїдей з юрських відкладів Пенінської зони Українських Карпат (Гоцанюк Г. І.); 30 видів двостулкових молюсків з юрських відкладів Передкарпатського прогину (Шайнога І. В.); 39 видів гастропод з силурійських відкладів Волино-Поділля (Данилів А. Я.); 56 видів молюсків з крейди заходу України (Мар'яш І. В.); 320 видів макрофауни (в тім числі 41 виду пектинід) з крейдових відкладів Волино-Поділля (Пастернак С. І.); 14 нових видів іхнофосилій (Вялов О. С. [8]) тощо. Вперше описано викопні риби, краби з менілітових сланців Східних Карпат (Горбач Л. П.); граптоліти з ордовіцьких відкладів Східноєвропейської платформи (Дригант Д. М.); залишки четвертинних ссавців (Пастернак С. І.); рештки вищих рослин з вугільних пластів карбону Донбасу і Львівсько-Волинського вугільного басейну (Узіюк В. І.).

Праці, присвячені результатам палеонтологічних досліджень, переросли в низку фундаментальних монографій у царині палеонтології та стратиграфії [1, 5, 7, 9, 21 тощо]. Новітні розробки та інноваційні методики дослідження викопного матеріалу відображені у монографіях Вялова О. С. ("Следы жизнедеятельности организмов и их палеонтологическое значение", 1966. [8]), Кудріна Л. М. ("Стратиграфия, фации и экологический анализ фауны палеогеновых и неогеновых отложений Передкарпатья", 1966. [17]), Узіюка В. І. ("Мікроструктурний анатомо-морфологічний визначник вуглетворних рослин (ранній карбон Львівсько-Волинського басейну)", 2020 та "Мікроструктури витринизированных тканей растений", 1985 [23, 24]). Представники палеонтолого-стратиграфічної школи брали участь у створенні уніфікованих і регіональних стратиграфічних схем: палеогенових відкладів Українських Карпат (Вялов О. С., Андреева-Григорович А. С. [6]); третичних відкладів Середньої Азії, крейдового флішу Карпат, неогенових молас Передкарпаття, міоцену Закарпаття (Вялов О. С.); неогенових відкладів заходу України (Венглінський, Андреева-Григорович А. С., Іваніна А. В. [26]); уніфікованих стратиграфічних схем крейдових, палеогенових, неогенових відкладів Карпатського регіону та палеогенових відкладів Кримсько-Кавказького регіону (Андреева-Григорович А. С.); нижньої крейди Причорноморської западини (Лещух Р. Й.); у створенні біозональних шкал (за амонітами юри Карпат – Гоцанюк Г. І.; спорами і пилком для карбонових і девонських відкладів Волино-Поділля – Іваніна А. В.); побудові палеогеографічних карт крейди, палеогену Карпат і міоцену Передкарпаття, кайнозою території Паратетису, батиметричних карт для міоценового басейну Закарпаття тощо.

Представники школи беруть активну участь у навчальному процесі та підготовці висококваліфікованих фахівців геологічного профілю. Для студентів геологічного факультету і Природничого коледжу викладають 14 геологічних дисциплін палеонтолого-

стратиграфічного спрямування, керують навчальними та виробничими практиками, курсовими і дипломними роботами.

Сьогодні палеонтолого-стратиграфічна школа геологічного факультету є потужним осередком розвитку і популяризації палеонтології та центром стратиграфічних досліджень України.

Ми повинні пам'ятати про досягнення наших попередників, гордитися ними та ще активніше розвивати сучасну палеонтологічну і стратиграфічну науки, оскільки за ними, як фундаментальною частиною геології, її майбутнє. Головною метою діяльності школи і в минулому, і тепер є передання студентській аудиторії новітніх знань з геології осадових порід, популяризація і всебічний розвиток палеонтології, стратиграфії, еволюції біосфери, палеогеографії, наук про утворення осадових порід і корисні копалини, які вони містять.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Андреева-Григорович А. С.* Атлас диноцист палеогена Украины, России и сопредельных стран / А. С. Андреева-Григорович, Н. И. Запорожец, Т. В. Шевченко [и др.]. – Киев : Наук. думка, 2011. – 221 с.
2. *Билинkevич Т. Д.* Олег Степанович Вялов / Т. Д. Билинkevич, Л. Д. Пономарева. – Киев : Наук. думка, 1991. – 100 с.
3. *Білоніжка П.* Геологічний факультет Львівського національного університету імені Івана Франка (1945–2010): довідково-інформаційне видання / П. Білоніжка, О. Матковський, М. Павлунь, Є. Сливко. – Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2010. – 518 с.
4. *Венглинский И. В.* Фораминиферы и биостратиграфия миоценовых отложений Закарпатского прогиба / И. В. Венглинский. – Киев : Наук. думка, 1975. – 264 с.
5. *Венглинский И. В.* Стратотипы миоценовых отложений Волино-Подольской плиты, Передкарпатского и Закарпатского прогибов / И. В. Венглинский, В. А. Горецкий. – Киев : Наук. думка, 1979. – 176 с.
6. *Вялов О. С.* Объяснительная записка к региональной стратиграфической схеме палеогеновых отложений Украинских Карпат / О. С. Вялов, А. С. Андреева-Григорович, С. П. Гавура [и др.]. – Киев, 1984. – 51 с.
7. *Вялов О. С.* Стратотипы меловых и палеогеновых отложений Украинских Карпат / О. С. Вялов, С. П. Гавура, Р. Й. Лещух [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1988. – 204 с.
8. *Вялов О. С.* Следы жизнедеятельности организмов и их палеонтологическое значение / О. С. Вялов. – Киев : Наук. думка, 1966. – 220 с.
9. *Вялов О. С.* Стратиграфия неогеновых моласс Предкарпатского прогиба / О. С. Вялов. – Киев : Наук. думка, 1965. – 194 с.
10. *Гожик П. Ф.* Пам'яті академіка Олега Степановича Вялова присвячується (до 100-річного ювілею) / П. Ф. Гожик // Проблеми стратиграфії фанерозою України. – Київ, 2004. – С. 3-7.
11. *Дригант Д. М.* Девонські конодonti південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи (Волино-Поділля, Україна) / Д. М. Дригант. – Київ : Академперіодика, 2010. – 155 с.
12. *Енциклопедія. Львівський національний університету імені Івана Франка. Довідкове видання : в 2 т. Т. I: А-К.* – Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2011. – 716 с.

13. Жабіна Н. М. Аїда Сергіївна Андреева-Григорович (до 80-річчя від дня народження) / Н. М. Жабіна // Проблеми обґрунтування регіональних стратонів фанерозою України. – Київ, 2016. – С. 19.
14. Зональная стратиграфия фанерозоя СССР : справочное пособие. – Москва : Недра, 1991. – 158 с.
15. Іваніна А. Кафедра історичної геології та палеонтології. Довідково-інформаційне видання / А. Іваніна, Г. Гоцанюк, І. Шайнога, Я. Тузак [та ін.]. – Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2006. – 68 с.
16. Іваніна А. В. Палеонтологія у Львівському національному університеті імені І. Франка (80 років кафедрі історичної геології та палеонтології) / А. В. Іваніна, О. І. Волошинівська, Г. І. Гоцанюк, Р. Й. Лещух // Проблеми стратиграфії фанерозою України. – Київ, 2004. – С. 268–271.
17. Кудрин Л. М. Стратиграфия, фации и экологический анализ фауны палеогеновых и неогеновых отложений Пердкарпатья / Л. М. Кудрин. – Львов : Изд-во Львов. ун-та, 1966. – 173 с.
18. Лещух Р. Й. Нижньокрейдові амоніти Українських Карпат / Р. Лещух. – Київ : Наук. думка, 1982. – 164 с.
19. Лещух Р. Професор Василь Горещкий (до 100-річчя від дня народження) / Р. Лещух // Палеонт. зб. – 2007. – № 39. – С. 5–9.
20. Лещух Р. Й. Ранньокрейдова фауна Рівнинного Криму і Північного Причорномор'я / Р. Лещух. – Київ : Наук. думка, 1987. – 220 с.
21. Лещух Р. Й. Стратиграфія верхнього протерозою, палеозою та мезозою України / Р. Лещух, Г. І. Гоцанюк, І. В. Шайнога [та ін.]. – Київ : ІГН НАН України, Логос, 2013. – 638 с.
22. Стратиграфія УРСР. Т. VIII. Крейда. – Київ : Наук. думка, 1971. – 320 с.
23. Узіюк В. І. Мікроструктурний анатомо-морфологічний визначник вуглетворних рослин (ранній карбон Львівсько-Волинського басейну) / В. І. Узіюк. – Львів : ТЗОВ Простір-М, 2020. – 306 с.
24. Узіюк В. І. Микроструктуры витринизированных тканей растений / В. И. Узиюк. – Киев : Наук. думка, 1985. – 100 с.
25. Шеремета В. Г. Остракоды палеогена Украины / В. Г. Шеремета. – Львов : Изд-во Львов. ун-та, 1969. – 273 с.
26. Andreeva-Grigorovich A. S. Regional stratigraphic scheme of Neogene formations of the Central Paratethys in the Ukraine / A. S. Andreeva-Grigorovich, Y. O. Kulchytsky, A. V. Ivanina [et al.] // *Geologica Carpathica*. - 1997. – N 48 (2). – P. 123–136.

REFERENCE

1. Andreeva-Hryhorovych A. S. *Atlas dynosyst paleohena Ukrainy, Rosyi i sopredelnykh stran* / A. S. Andreeva-Hryhorovych, N. Y. Zaporozhets, T. V. Shevchenko [i dr.]. – Kyev : Nauk. dumka, 2011. - 221 s.
2. Bylynkevych T. D., Ponomareva L. D. *Oleh Stepanovych Vialov* / T. D. Bylynkevych, L. D. Ponomareva. – Kyev : Nauk. dumka, 1991. – 100 s.
3. Bilonizhka P. *Heolohichniy fakultet Lvivskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Franka (1945–2010). Dovidkovo-informatsiine vydannia* / P. Bilonizhka, O. Matkovskiy, M. Pavlun, Ye. Slyvko. – Lviv : Vydavnychiy tsentr LNU im. I. Franka, 2010. – 518 s.

4. Venhlynskyi Y. V. *Foramynyfery i byostratyhrafyia myotsenovykh otlozhenyi Zakarpatskoho prohyba* / Y. V. Venhlynskyi. – Kyev : Nauk. dumka, 1975. – 264 s.
5. Venhlynskyi Y. V. *Stratotypy myotsenovykh otlozhenyi Volyno-Podolskoi plyty, Predkarpatskoho i Zakarpatskoho prohybov* / Y. V. Venhlynskyi, V. A. Horetskyi. – Kyev : Nauk. dumka, 1979. – 176 s.
6. Vialov O. S. *Obiasnytelnaia zapyska k rehyonalnoi stratyhrafycheskoi skheme paleohenovykh otlozhenyi Ukraynskykh Karpat* / O. S. Vialov, A. S. Andreieva-Hryhorovych, S. P. Havura [i dr.]. – Kyev, 1984. – 51 s.
7. Vialov O. S. *Stratotypy melovykh y paleohenovykh otlozhenyi Ukraynskykh Karpat* / O. S. Vialov, S. P. Havura, R. Y. Leshchukh [i dr.]. – Kyev : Nauk. dumka, 1988. – 204 s.
8. Vialov O. S. *Sledy zhyznedeiatelnosti orhanyzmov y ykh paleontolohycheskoe znachenye* / O. S. Vialov. – Kyev : Nauk. dumka, 1966. – 220 s.
9. Vialov O. S. *Stratyhrafyia neohenovykh molass Predkarpatskoho prohyba* / O. S. Vialov. – Kyev : Nauk. dumka, 1965. – 194 s.
10. Hozhyk P. F. Pamiati akademika Oleha Stepanovycha Vialova prysviachuetsia (do 100-rychnoho yuvileiu) / P. F. Hozhyk // *Problemy stratyhrafii fanerozoiu Ukrainy*. – Kyiv, 2004. – S. 3–7.
11. Dryhant D. M. *Devonski konodonty pivdenno-zakhidnoi okrainy Skhidnoievropeiskoi platformy (Volyno-Podillia, Ukraina)* / D. M. Dryhant. – Kyiv : Akadempriodyka, 2010. – 155 s.
12. Entsyklopediia. Lvivskyi natsionalnyi universytetu imeni Ivana Franka. Dovidkove vydannia: v 2 t. T. I: A-K. – Lviv : LNU im. Ivana Franka, 2011. – 716 s.
13. Zhabina N. M. Aida Serhiivna Andreieva-Hryhorovych (do 80-rychchia vid dnia narodzhennia) / N. M. Zhabina // *Problemy obgruntuvannia rehionalnykh stratoniv fanerozoiu Ukrainy*. – Kyiv, 2016. – S. 19.
14. Zonalnaia stratyhrafyia fanerozoia SSSR: spravochnoe posobye. – Moskva : Nedra, 1991. – 158 s.
15. Ivanina A. *Kafedra istorychnoi heolohii ta paleontolohii. Dovidkovo-informatsiine vydannia* / A. Ivanina, H. Hotsaniuk, I. Shainoha, Ya. Tuziak [ta in.]. – Lviv : Vydavnychy tsestr LNU im. I. Franka, 2006. – 68 s.
16. Ivanina A. V. Paleontolohiia u Lviskomu natsionalnomu universyteti imeni I. Franka (80 rokiv kafedri istorychnoi heolohii ta paleontolohii) / A. V. Ivanina, O. I. Voloshynovska, H. I. Hotsaniuk, R. Y. Leshchukh // *Problemy stratyhrafii fanerozoiu Ukrainy*. – Kyiv, 2004. – S. 268–271.
17. Kudryn L. M. *Stratyhrafyia, fatsyy i ekolohycheskyi analiz fauny paleohenovykh i neohenovykh otlozhenyi Perdkarpatia* / L. M. Kudryn. – Lvov: Izd-vo Lvov. un-ta, 1966. – 173 s.
18. Leshchukh R. Y. *Nyzhnokreidovi amonity Ukraynskykh Karpat* / R. Leshchukh. – Kyiv : Nauk. dumka, 1982. – 164 s.
19. Leshchukh R. Profesor Vasyl Horetskyi (do 100-rychchia vid dnia narodzhennia) / R. Leshchukh // *Paleontologichnyi zbyrnyk*. – 2007. – N 39. – S. 5–9.
20. Leshchukh R. Y. *Rannokreidova fauna Rivnynnoho Krymu i Pivnichnoho Prychornomoria* / R. Leshchukh. – Kyiv : Nauk. dumka, 1987. – 220 s.
21. Leshchukh R. Y. *Stratyhrafiiia verkhnoho proterozoium, paleozoium ta mezozoium Ukrainy* / R. Leshchukh, H. I. Hotsaniuk, I. V. Shainoha [ta in.]. – Kyiv : IHN NAN Ukrainy, Lohos, 2013. – 638 s.
22. *Stratyhrafiiia URSS. T. VIII. Kreida*. – Kyiv : Nauk. dumka, 1971. – 320 s.

23. Uziuk V. I. *Mikrostrukturnyi anatomo-morfologichnyi vyznachnyk vuhletvornykh roslin (rannii karbon Lvivsko-Volynskoho baseinu)* / V. I. Uziuk. – Lviv : TzOV Prostir-M., 2020. – 306 s.
24. Uziuk V. I. *Mykrostrukturny vytrynyzyrovannykh tkanei rastenyi* / V. I. Uziuk. – Kyev : Nauk. dumka, 1985. – 100 s.
25. Sheremeta V. H. *Ostrakody paleohena Ukrainy* / V. H. Sheremeta. - Lvov : Izd-vo Lvov. un-ta, 1969. - 273 s.
26. Andreeva-Grigorovich A. S. Regional stratigraphic scheme of Neogene formations of the Central Paratethys in the Ukraine / A. S. Andreeva-Grigorovich, Y. O. Kulchytsky, A. V. Ivanina [et al.] // *Geologica Carpathica*. – 1997. – N 48 (2). – P. 123–136.

*Стаття: надійшла до редакції 14.01.2020
прийнята до друку 20.02.2020*

THE PALEONTOLOGICAL-STRATIGRAPHIC SCHOOL NAMED AFTER ACADEMICIAN OLEH VYALOV AT IVAN FRANKO NATIONAL UNIVERSITY OF LVIV

Antonina Ivanina

*Ivan Franko National University of Lviv,
Hrushevskij Str., 4, Lviv, Ukraine, 79005
antonina.ivanina@lmu.edu.ua*

A short historical excursion about the formation of the scientific direction – paleontology and stratigraphy, and the emergence of paleontological and stratigraphic school at the University of Lviv at the Faculty of Geology. Paleontological and stratigraphic scientific school named after O. S. Vyalov was born in the 80–90s of the XIX century, finally formed in the middle of the XX century. At the University of Lviv, paleontological and stratigraphic studies have covered a wide range of fossil organisms (spores, pollen, nanofossils, foraminifera, ostracods, sponges, molluscs, agnats, fish, macro-plant remains, ichnofossils, etc.) found from Silurian to Neogene of different geological regions. In total, more than 2 500 scientific publications have been published during the school's existence, including 60 monographs, 14 textbooks, stratigraphic schemes and biozonal scales of various structural and tectonic units. More than 1 300 species (of which 209 new ones) of organisms of different ages deposits from geological regions of Ukraine were described. The brightest representative of the paleontological and stratigraphic school is Academician O. S. Vyalov, a scientist of world importance, developer of the latest direction of paleontological research in ichnology, organizer of the Ukrainian Paleontological Society, initiator of the “Paleontological Collection”. His name is given to the paleontological and stratigraphic scientific school of Lviv University, the founder of which he is. Currently, the school of paleontologists and stratigraphers of the Faculty of Geology is headed by Professor R. Leschuk. It consists of seven employees who combine teaching, researches, educational activities and successfully implement the main purpose of the school – transfer to students of the latest knowledge in the geology of sedimentary rocks, popularization and comprehensive development of paleontology, stratigraphy, biosphere evolution, sedimentary sciences and the minerals they contain.

Keywords : palaeontology, stratigraphy, geological faculty, Ivan Franko national university of Lviv.

УДК 378

Олександр Костюк

*Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. М. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005
oleksandr.kostyuk@lnu.edu.ua*

ВСЕУКРАЇНСЬКА ОЛІМПІАДА З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ “ГЕОЛОГІЯ” – ВАЖЛИВИЙ ЗАСІБ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ З ОБДАРОВАНОЮ МОЛОДДЮ НА ГЕОЛОГІЧНОМУ ФАКУЛЬТЕТІ

Олімпіаду з геології організовує Львівський національний університет імені Івана Франка. Така діяльність має на меті стимулювати вивчення наук про Землю серед молоді, навчитися оцінювати та винагороджувати зусилля студентів за досягнення у навчанні, а також сприяти розвитку відносин між центрами професійної освіти та Університетом. У процесі підготовки до Олімпіади студенти можуть навчитись чітко мислити, аналізувати факти, розв’язувати проблеми та висувати нові ідеї. Здобуваючи добру, ґрунтовну геологічну освіту вони можуть набути теоретичні знання, необхідні для того, щоб розуміти географію, історію, математику та інші прикладні науки. Учасники олімпіади виконують завдання з різних геологічних дисциплін: загальної геології, структурної геології, палеонтології, петрографії, літології, мінералогії, гідрогеології. Наприклад, студент може досліджувати карти, вивчати природні об’єкти та склад гірських порід і мінералів. Учасники олімпіади вивчають геологічні особливості району, виконують тестові завдання та визначають мінерали та гірські породи. Як і в минулому, Олімпіаду поділено на три окремі тури (теоретичний, практичний та експериментальний).

Ключові слова: олімпійський освітній геологічний полігон, практичні навички, геологічна освіта, пісковики, аргіліти.

Вступ. Олімпіада – змагання, яке допомагає молоді ставити перед собою цілі до самоосвіти, розвиває прагнення знати більше, допомагає навчитися долати труднощі. Завдання турів олімпіад визначають рівень теоретичної та практичної підготовки студентів, навичок аналізувати, зіставляти, порівнювати та узагальнювати. Приємно, коли серед нас є особистості, які мають такі здібності, щоб робити відкриття і застосовувати знання завдяки своїй винахідливості.

Щорічно проводяться олімпіади різних рівнів, популярність яких зростає. Задовго до проведення I етапу олімпіади студенти розпочинають підготовку: вчать

реферувати наукові статті, розвивають навички у розв'язанні завдань з гірничої геометрії різних рівнів складності, вивчають діагностичні ознаки мінералів у фондосховищах музеїв. Часто олімпіада допомагає учасникам у виборі теми майбутньої наукової роботи.

Постановка проблеми. Внаслідок діяльності людини щороку зменшується кількість природних відслонень гірських порід, а штучні відслонення у кар'єрах – занедаються. Крім того, на ці об'єкти з кожним роком стає чимраз важче потрапити, оскільки вони стають приватними. Відтак виникає проблема у виборі репрезентативних відслонень, які можна було б запропонувати для завдань експериментального туру Всеукраїнської студентської олімпіади з навчальної дисципліни “Геологія”.

Іншою проблемою є наявність якісних посібників та збірників конкурсних завдань для олімпіад. Деякі збірники завдань мають кілька видань, які здебільшого оновлюються за допомогою завдань підвищеної складності. Переважна більшість збірників завдань містять розв'язки або пояснення, що допомагає збагнути зміст завдань та знайти раціональний спосіб їхнього розв'язання. Проте сьогодні актуальним є питання створення електронного інтерактивного курсу конкурсних завдань для олімпіад, коли студенти впродовж року матимуть змогу комунікувати з авторами через форуми та відеозв'язок, що покращить як рівень знань студентів, так і якість навчального видання, яке відповідатиме вимогам часу та задовольнить потреби студентів.

Методика польового вивчення циклічності, ритмічності і періодичності у будові осадових порід, описана у методичних вказівках, укладених Н. Б. Вассоевичем (1973) [2], Г. А. Івановим (1973), [3], Ю. Н. Карогдиним [3] та іншими, має певну специфіку. Тут у вивченні відкладів флішової формації важливе значення має петрографічна типізація відкладів з їх характерними текстурними особливостями та комплексами органічних решток. Для розчленування і кореляції флішових відкладів використовують закономірності будови, і зміни у розрізах елементарних циклів та їх поєднань у циклах більш високих порядків. Наприклад, у теригенному фліші, який є об'єктом експериментального (польового) туру Олімпіади, елементарні цикли мають двочленну будову. У нижній частині залягають теригенні породи, представлені гравійними пісковиками та алевролітами, натомість у верхній частині – переважають аргіліти.

Мета праці полягає у вивченні особливостей проведення експериментального (польового) етапу Всеукраїнської студентської олімпіади з навчальної дисципліни “Геологія”.

Методи дослідження: крупномасштабне геологічне картування, детальний літологічний опис.

Виклад основного матеріалу. Для проведення експериментального польового етапу Всеукраїнської студентської олімпіади з навчальної дисципліни “Геологія” факультет запропонував чимало об'єктів поблизу с. Гребенів (Сколівський кар'єр) та відслоненнях Побукської антикліналі біля смт Верхнє Синьовидне.

Нижче наводимо результати детальних петрографічних досліджень відкладів середньострийської та менілітової світ на об'єктах, які використовували у минулі роки під час проведення експериментального (польового) туру Олімпіади.

У Сколівському кар'єрі можна вивчати розріз середньострийської світи, потужність якої близько 150 м. В нижній частині простежується груборитмічний фліш з окремими тонкоритмічними пакетами. Пісковики сірі, міцні, слюдисті містять уламки вугілля та збагачені обвугленим рослинним детритом. Алевроліти та аргіліти зазвичай темно-сірі. На поверхні порід є багато різнотипних ієрогліфів: біогліфи, представлені вермогліфами; механогліфи – у формі слідів волочиння, напрямку течії та вкорінення. Елементи залягання порід за постійного азимуту падіння – 230°, кут нахилу шарів порід змінюється від 30 до 45°.

Пісковики дрібнозернисті, глауконіт–кварцові з глинистим цементом і тонкими прошарками піриту. Структура порід псамітова. Розмір уламків пісковика змінюється від 0,03 до 0,4 мм. Алевритова фракція (< 0,1 мм) становить не більше 10–15% маси уламкового матеріалу, сортованість матеріалу добра. Обкатаність зерен середня. Переважають напівобкатані зерна, у меншій кількості – кутуваті. Форма уламків ізометрична або слабовидовжена. Видовжені уламки часто паралельно орієнтовані, що обумовлює смугасту текстуру породи. Крім того, смуги представлені згідними, тонкими (0,01–0,1 мм) дрібними чорними прошарками, складеними тонким агрегатом лімонізованого піриту з включеннями дрібних алевропелітових уламків кварцу. Прошарки не витримані за простяганням, іноді вони розгалужуються, “обходячи” уламки пісковика, створюючи внаслідок цього сітчастий вигляд. У пісковіку також зрідка простежуються лінзи алевро-пелітового складу. Вони виділяються бурим кольором, складені пелітоморфним (<0,005 мм) матеріалом, переважно з лусок мікрослюд, зрідка глинистими частинками. Ці лінзи цементують дрібні (0,005–0,05 мм) уламки кварцу. Весь матеріал має шарувату текстуру завдяки орієнтуванню агрегату лусок гідрослюд згідно з напрямком видовження лінз і шаруватості пісковіку. У складі уламкового матеріалу пісковіку переважають кварц (до 80% від маси уламків) і глауконіт (10–15%). У незначній кількості трапляються уламки польових шпатів, мікрокварциту, кременів, поодинокі – луски слюд і зерна акцесорних мінералів: рудного мінералу, циркону, лейкоксену, рутилу. Тип цементування пісковіку – виповнення пор і плівковий. Матеріал цементу становить 20–22% породи. Цемент – бурий, інколи з зеленкуватим відтінком, за складом глинистий. Глинисті частинки (пластинки, крупинки) розміром до 0,001 мм, майже ізотропні, слабкополярні. У цементі виділяється домішка лусок гідрослюд, мікроглобулів піриту та мікрозерен карбонату. Пірит у пісковіках має діагенетичне походження, утворює тонкі прошарки, плівки, мікроглобули, іноді окислені.

Алевроліти глауконіт–польовошпат–кварцові. Структура: алевритова. Для алевроліту характерним є те, що уламкові зерна щільно прилягають один до одного. Часто уламки контактують без цементу. У інкорпораційній мікроструктурі простежуються як однакові контакти, так і результат процесу вдавлювання зерен один в одного. Глинистий матеріал – бурий, зеленкувато-бурий, зелений або бурувато-сірий. У його складі виділяються непрозорі пилюваті частинки, луски гідрослюд та аморфний кременістий матеріал. Загалом розмір уламків змінюється від 0,01 до 0,12 мм. Поодинокі трапляються піщані уламки розміром до 0,2 мм. Сортування матеріалу добре. Обкатаність уламків слабка. Переважна їхня більшість – кутасті та гострокутні. Зрідка трапляються напівобкатані зерна. У складі уламків переважає кварц (40–50% від загальної маси уламків), польові шпати і глауконіт. У незначній кількості трапляються

також зерна кременю, акцесорних мінералів, луски слюд і вапняковисті уламки. Уламки польових шпатів представлені полісинтетичним здвійникованим плагіоклазом (олігоклазом або альбіт–олігоклазом) і калішпатом. Вони іноді пелітизовані, заміщуються гідрооксидами заліза, окремі зерна плагіоклазу слабосерицитизовані. Зерна глауконіту відносно свіжі, яскраво-зелені або буро-зелені, характеризуються високим двозаломленням (до 0,025). Уламки кременів бурі, кремкові, складені тонкоагрегатним халцедоном. Поодинокі трапляються дрібні луски слюд, часто зігнуті та стиснені. Вони представлені безколірним мусковітом, бурим біотитом, блідо-зеленим, майже безколірним хлоритом. Багато лусок подрібнені у тонколускуватий агрегат. Цемент у породі представлений тонкими глинистими плівками в кількості до 10%.

Аргіліти мають пелітові, рідше алевро-пелітові структури і складаються з майже ізотропного каолініту з домішками гідрослюди і хлоритів.

Щодо відслонень, які розташовані на об'єкті Побукської антикліналі, то вони представлені дрібноритмічним флішем верхньомелітової світи. Сьогодні відомі петрографічні дослідження осадових порід мелітової світи, які виконували В. О. Ващенко (1985) [6], І. В. Дудок (2002) [4] та В. О. Шумлянський (2003) [7]. За даними літолого-петрографічних досліджень цих дослідників визначено, що породи мелітової світи представлені переважно аргілітами та пісковиками. Елементи залягання порід: азимут падіння – 200°; кут нахилу шарів порід – 40°.

Аргіліти. Бітумінозні чорні мелітові аргіліти (й алевроліти) складаються з глинистих мінералів (головним серед яких є гідрослюда, невпорядковані змішано-шаруваті зростки гідрослюди і монтморилоніту, монтморилоніт, каолініт, хлорит), тонких прошарків (на мікроскопічному рівні) чорнувато-коричнюватого керогену та мінливої кількості алевриту. Останній представлений кварцом, глауконітом, зрідка – плагіоклазом. В окремих випадках фіксується майже повна відсутність каолініту, переважно він міститься у складі фракції у кількості 1–2%, іноді сягаючи 6%. Вважають [1], що “поряд із перетворенням каолініту у хлорит за допомогою стабільних продуктів розкладу біотиту відбувається новоутворення цього мінералу, який є кінцевим продуктом трансформації в ряді гідрослюда–серицит–каолініт”. Хлорит представлений магnezіально-залізистим різновидом і його кількість зворотно корелює з кількістю каолініту. Такий склад глинистої фракції свідчить про те, що постдіагенетичні перетворення порід відповідають середньому ступеню катагенезу, а у випадках появи підвищеної кількості новоутворених каолініту і кварцу в цементі пісковиків, на тлі ущільнених бластозернистої і конформної структур перетворення порід, належать до початку глибинного катагенезу.

Пісковики мають олігоміктовий склад уламків. Серед уламків значною мірою переважає кварц (близько 60%), часто трапляється глауконіт (від 2 до 10%); меншою мірою наявні плагіоклаз, калійовий польовий шпат (від 5 до 15%), у в невеликій кількості визначають акцесорні турмалін, циркон, монацит та рудні мінерали ($\leq 5\%$). Цемент пісковиків поровий, базальний та типу зіткнення. Склад цементу кременистий, глинисто-кременистий, глинистий, карбонатно-глинистий, карбонатний.

Оскільки відслонення, які використовують для проведення експериментального (польового) туру Всеукраїнської студентської олімпіади з навчальної дисципліни

“Геологія”, є цікавими у тектонічному сенсі, на наш погляд, важливим є проводити подальше вивчення цих відкладів та поглиблювати інтерес усіх зацікавлених осіб.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бучинська І. В. Катагенез глинистої речовини вуглевмісних пісковиків карбону Донбасу / І. В. Бучинська // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2001. – № 3. – С. 65–69.
2. Вассоевич Н. Б. О необходимости опорядочения номенклатуры, связанной с периодичностью и цикличностью литогенеза, нефтеобразования и других природных явлений / Н. Б. Вассоевич, Е. Г. Гладкова // Современные проблемы геологии и геохимии горючих ископаемых. – Москва : Наука, 1973. – С. 9–31.
3. Иванова И. Н. Двустворчатые моллюски и условия осадконакопления (литолого-палеоэкологический и актуалистический анализ позднепалеозойских отложений юга Западной Сибири и мелководья некоторых морей СССР) / И. Н. Иванова. – Москва : Наука, 1973. – 164 с.
4. Дудок І. В. Застосування піролітичної методики при геохімічних дослідженнях органічної речовини жильних утворень у фліші Карпат / І. В. Дудок, М. Ю. Котарба, К. Я. Ярморович-Шульц // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2002. – № 1. – С. 76–87.
5. Карогдин Ю. Н. Ритмичность осадконакопления и нефтегазоносность / Ю. Н. Карогдин. – Москва : Недра, 1974. – 176 с.
6. Отчет о групповой геологической съемке масштаба 1:50000 территории листов М-35-133-А,Б; М-35-134-А,Б в Ивано-Франковской и Закарпатской областей УССР за 1981–1985 гг. / Львовская ГЭ (Трест “Киевгеология”); исполн. Ващенко В. А., Агеев В. А. – Львов, 1985. – (Фонды ЛГЭ). – № 1354.
7. Шумлянський В. О. Літогенез і гіпогенне рудоутворення в осадових товщах України / В. О. Шумлянський, К. І. Деревська, Г. В. Дудар. – Київ : Знання України, 2003. – 300 с.

REFERENCES

1. Buchy`ns`ka I. V. Katagenez gly`ny`stoyi rechovy`ny` vuglevmisny`x piskovy`kiv karbonu Donbasu / I. V. Buchy`ns`ka // Geologiya i geokhimiya goryuchy`x kopaly`n. – 2001. – N 3. – S. 65–69.
2. Vassoevich N. B. O neobhodimosti oporjadochenija nomenklatury svjazannoju s periodichnost`ju i ciklichnost`ju litogeneza, nefteobrazovanija i drugih prirodnyh javlenij / N. B. Vassoevich, E. G. Gladkova // Sovremennye problemy geologii i geokhimii gorjuchih iskopaemyh. – Moscow : Nauka, 1973. – S. 9–31.
3. Ivanova I. N. Dvustvorchatye molljuski i uslovija osadkonakoplenija (litologopalejekologicheskij i aktualisticheskij analiz pozdnepaleozojskih otlozhenij juga Zapadnoj Sibiri i melkovod`ja nekotoryh morej SSSR) / I. N. Ivanova. – Moscow : Nauka, 1973. – 164 s.
4. Dudok I. V. Zastosuvannja pirolity`chnoyi metody`ky` pry` geoximichny`x doslidzhennyax organichnoyi rechovy`ny` zhy`l`ny`x utvoren` u flishi Karpat /

- I. V. Dudok, M. Yu. Kotarba, K. Ya. Yarmorovy`ch-Shul`cz // *Geologiya i geokhimiya goryuchy`x kopaly`n.* – 2002. – N 1. – S. 76–87.
5. *Karogdin Ju. N. Ritmichnost' osadkonakoplenija i neftegazonosnost' / Ju. N. Karogdin.* – Moscow : Nedra, 1974. – 176 s.
 6. *Otchet o grupovoj geologicheskoy s'emke masshtaba 1:50000 teritorii listov M-35-133-A,B; M-35-134-A,B v Ivano-Frankovskoj i Zakarpatskoj oblastej USSR za 1981–1985g. / L'vovskaja GJe (Trest "Kievgeologija") ; ispoln. Vashhenko V. A., Ageev V. A. – L'vov, 1985. – (Fondy LGJe). – N 1354.*
 7. *Shumlyans`ky`j V. O. Litogenez i gipogenne rudoutvorennja v osadovy`x tovshhax Ukrayiny` / V. O. Shumlyans`ky`j, K. I. Derevs`ka, G. V. Dudar. – Kyiv : Znannya Ukrayiny`, 2003. – 300 s.*

*Стаття: надійшла до редакції 15.01.2020
прийнята до друку 20.02.2020*

Oleksandr Kostyuk

*Ivan Franko National University of Lviv,
Hrushevskogo Str., 4, Lviv, Ukraine, 79005
oleksandr.kostyuk@lnu.edu.ua*

ALL-UKRAINIAN EDUCATIONAL OLYMPIAD IN THE DISCIPLINE “GEOLOGY” – IS AN IMPORTANT MEANS OF SOLVING THE PROBLEM OF ORGANIZING GIFTED STUDENTS AT THE FACULTY OF GEOLOGY

The Geology Olympics is organized by Ivan Franko National University of Lviv. This activity aims to stimulate the study of Earth Sciences among the young, assess and reward their efforts and academic excellence as well as to promote the relationship between the centers of professional education and the University. So, obtaining a good fundamental geological education when can provide the academic skills needed and to get a general understanding of geography, history, mathematics, and science. It can build practical skills in diverse terrain, and prepare for career as a geoscientist, mineral exploration geologist, geotechnical engineer or environmental consultant – all field where our graduates are working. In the process, can learn how to think clearly, analyze facts, solve problems, and generate productive ideas. Candidates perform task that is associated with any geological science: general geology, structural geology, paleontology, petrography, lithology, mineralogy, hydrogeology. For instance, student can explore maps, natural landmarks and composition rocks and minerals. Ukrainian students study geological particularities of region, test tasks and determine minerals and rocks. As in previous, the Olympics was divided into 3 distinct parts (theoretical, practical and experimental). The Olympic educational ground gives participant unique opportunity to learn and understand stratigraphic, structural, sedimentological and other features of geological structure in the Skyba zone of the Ukrainian Carpathians. In this study we present geological, lithological and structural investigations of the rock and coexisting minerals from the Skyba Formation of Paleogen age, which is situated near Grebeniv (the Western Ukraine), and some conclusions on its peculiarities and origin. The differences in macrostructures of the rocks are related to variation in sizes and shapes of clay minerals. Rocks from these localities has been found as layers and elongated lenses with common thickness up to few meters.

Key words: Olympic educational ground, practical skills, geological education, sandstones, argillites.

**ВИПУСКНИКИ ГЕОЛОГІЧНОГО ФАКУЛЬТЕТУ
ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА**

2020 рік

Денне навчання

**Спеціальність 103 Науки
про Землю**

(Геохімія та мінералогія)
Магістр

1. Єжель Руслан Олегович
2. Заплетняк Вікторія Юріївна
3. Мінькевич Роман Богданович
4. Мандрика Василина Василівна

**Спеціальність 103 Науки про
Землю**

(Геологія нафти і газу)
Магістр

1. Васьків Роман Андрійович
2. Медвідь Тарас Миколайович
3. Семьонова Каріна Віталіївна
4. Шарван Юлія Андріївна
5. Еспіноса Андрес Кевін Браян
(громадянин Еквадору)
6. Курдина Артур Богданович
7. Скрябін Василь Миколайович
8. Тістик Мар'яна Ігорівна
9. Цодер Святослав Миколайович

**Спеціальність 103 Науки про Землю
(Геологія)**

Магістр

1. Бондар Дмитро Володимирович
2. Горячок Андрій Вікторович
3. Збирко Мар'яна Степанівна
4. Олена Олегівна
5. Борейко Яна Олегівна
6. Женіч Микола Павлович
7. Попович Святослав Степанович

**Спеціальність 103 Науки
про Землю**

(Інженерна геологія та гідрогеологія)
Магістр

1. Беляєв Роман Миколайович
2. Белзюк Марія Ігорівна
3. Буждиган Мар'ян Миколайович
4. Горбань Станіслав Андрійович
5. Мартинюк Андрій Михайлович
6. Гнатюк Ірина Василівна
7. Жарнікова Ірина Андріївна
8. Лизак Марк Костянтинович
9. Николишин Андріана Тарасівна
10. Палига Іван Володимирович
11. Різник Тарас Євгенович

**101 Екологія Спеціалізація “Екологічний менеджмент і геотуризм”
Магістр**

1. Воловенко Вікторія Геннадіївна
2. Калиневич Оксана Олегівна
3. Мартинюк Віталій Олександрович
4. Божко Ірина Іванівна
5. Герштун Ольга Олександрівна
6. Мазурик Ірина Тарасівна

**Напрямок підготовки 6. 040103
“Геологія”**

Бакалавр

1. Ковтун Анастасія Юріївна
2. Петрівський Петро Васильович
3. Жук Богдан Михайлович
4. Віняр Владислав Леонідович
5. Карнаухова Любава Вадимівна
6. Ковалко Ганна Іванівна

7. Сагна Люк (громадянин Сенегалу)
8. Братців Олег Васильович
9. Манорик Андрій Ігорович
10. Кожушко Юрій Володимирович

Напрямок підготовки 6.040106

“Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування”

Бакалавр

1. Бабченко Марія Олегівна
2. Верхоляк Ірина Романівна
3. Ленгевич Віктор Богданович
4. М'яснікова Вікторія Сергіївна
5. Борисюк Анастасія Миколаївна
6. Пелип Дмитро Іванович
7. Улич Надія Василівна
8. Шкабара Мар'яна Іванівна
9. Вільчинська Галина Юріївна
11. Волос Юрій Ярославович
12. Дубів Володимир Ігорович
13. Залуська Ярина Любомирівна
14. Крупак Богдан Михайлович
15. Мокрецька Дарина Миколаївна
16. Стецик Володимир Миколайович

ЗМІСТ

<i>Юрій Віхоть, Ігор Бубняк, Соломія Кріль</i> АНАЛІЗ ГЕОДАНИХ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ПОЛЬОВИХ СТРУКТУРНИХ ТА ТЕКТОНОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОМП'ЮТЕРНИМИ ПРОГРАМАМИ STEREO NET.....	3
<i>Ярина Тузяк</i> КОНЦЕПТУАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧНА МОДЕЛЬ КЛАСИФІКАЦІЇ СФЕРОАГРЕГАТНИХ (ООЛІТОВИХ) КАРБОНАТНИХ ПОРІД: ПРИНЦИПИ, КРИТЕРІЇ, ОЗНАКИ.....	19
Історія науки	
<i>Микола Павлунь.</i> СТИСЛА ІСТОРІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗОНАЛЬНОСТІ ЗРУДЕНІННЯ ГІДРОТЕРМАЛЬНИХ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИ.....	38
<i>Антоніна Іваніна</i> ПАЛЕОНТОЛО-СТРАТИРАФІЧНА ШКОЛА ІМЕНІ АКАДЕМІКА ОЛЕГА ВЯЛОВА У ЛЬВІВСЬКОМУ НАЦІОНАЛЬ- НОМУ УНІВЕРСИТЕТІ ІМ. І. ФРАНКА.....	48
Хроніка	
<i>Олександр Костюк</i> ВСЕУКРАЇНСЬКА ОЛІМПІАДА З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ “ГЕОЛО- ГІЯ” – ВАЖЛИВИЙ ЗАСІБ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РО- БОТИ З ОБДАРОВАННОЮ МОЛОДДЮ НА ГЕОЛОГІЧНОМУ ФАКУЛЬ- ТЕТІ.....	60
<i>О. Полубічко</i> ВИПУСКНИКИ ГЕОЛОГІЧНОГО ФАКУЛЬТЕТУ ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА, 2020.....	66