

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ СЕДИМЕНТОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
(ЗА МАТЕРІАЛАМИ 20-ГО МІЖНАРОДНОГО СЕДИМЕНТОЛОГІЧНОГО КОНГРЕСУ)****STATE-OF-THE-ART RESEARCH IN SEDIMENTOLOGY
(ON 20 TH INTERNATIONAL SEDIMENTOLOGICAL CONGRESS DATA)****В.М. Палій, С.Б. Шехунова****Volodymyr M. Paliy, Stella B. Shekhunova**

Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, 55-b O. Honchara str., Kyiv-54, Ukraine, 01601

(shekhun@igs-nas.org.ua)

Висвітлено основні проблеми, що обговорювалися на 20-му Міжнародному седиментологічному конгресі. Подано інформацію про сучасні тренди літологічної науки, найновіші методи седиментологічних досліджень, ключові доповіді, повідомлення українських вчених, семінари (short courses) та наукові школи (workshops). Підкреслено значення окремих напрямів літологічних досліджень для вирішення геологопошукових та експлуатаційних задач на різні види корисних копалин. За матеріалами геологічних екскурсій наведено короткий опис розрізів едіакарію Ньюфаундленду (Авалонський півострів) як унікальних об'єктів палеонтологічної та геологічної спадщини. Висвітлено досвід заповідання геологічних відслонень в межах територій національного екологічного парку. Наголошено на необхідності застосування досвіду їх охорони та популяризації до геологічних пам'яток України.

Ключові слова: седиментологія, 20 Міжнародний седиментологічний конгрес, едіакарій, венд, Ньюфаундленд.

The main issues that were discussed at the 20th International Sedimentological Congress are highlighted. The information on current trends in lithological science, the latest methods of sedimentological research, keynote speakers presentation, reports of Ukrainian scientists, short courses and workshops, geological excursions are presented. The importance of certain directions of lithological researches for solving geological prospecting and exploitation problems for different types of minerals is emphasized. A brief description of the geological sections of the Newfoundland Ediacaran (Avalon Peninsula) as unique objects of paleontological and geological heritage is given. The experience of conservation of geological deposits within the territories of the national ecological reserve is covered. The necessity of applying Canadian experience of protection and promotion to geological sites of Ukraine is emphasized.

Keywords: sedimentology, 20th International Sedimentological Congress, Ediacaran, Vend, New Foundland.

ВСТУП.**ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО КОНГРЕС**

13-17 серпня 2018 р. у Канаді (м. Квебек) відбувся 20-й Міжнародний седиментологічний конгрес, організований Міжнародною асоціацією седиментологів (International Association of Sedimentologists – IAS), заснованою у 1952 р. Такі конгреси відбуваються раз на чотири роки починаючи з 1950 р. у різних регіонах світу. Так, останні чотири конгреси відбувалися: 16-й (2002 р.) – у Південній Африці, 17-й (2006 р.) – в Японії, 18-й (2010 р.) – в Аргентині, 19-й (2014 р.) – у Швейцарії. Їх головною метою є обговорення та поширення у науковому середовищі найновіших ідей, досягнень, методів та підходів в усіх аспектах седиментології.

Співорганізаторами конгресу, поряд з IAS, виступили Національний дослідницький уні-

верситет (Квебек), Університет Лаваль (Квебек) та Геологічна служба Канади (остання була також одним з головних фінансових спонсорів). Суттєву фінансову та організаційну підтримку надали також Товариство осадової геології (SEPM, США), компанії П'єріді Енерджі (Pieridae Energy), Геотек (Geotek), Тескан (Tescan), Копернікус Паблікейшенз (Copernicus Publications), Соквелек (Soquelec), Антропосін Костс (Antropocene Coasts), Едж Саєнтіфік (Edge Scientific), Цейс (Zeiss), Фонд науково-технічних досліджень Квебеку та ін.

Конгрес відбувся у конференц-центрі, розташованому поблизу будівлі парламенту провінції Квебек на бульварі Рене-Левеск Схід у центральній частині Квебек-Сіті, з великою кількістю аудиторій-трансформерів для секційних та пленарних засідань, семінарів, практичних занять, залів для презентації постерів, екс-

позицій, приміщень для відпочинку та харчування. Організаційний комітет очолював П'єр Франкус (Національний дослідницький університет); заступник голови, відповідальний за спонсорську підтримку – Деніс Лавуа (Геологічна служба Канади); члени оргкомітету: Патрік Лаженес (Університет Лаваль, відповідальний за польові екскурсії), Фріц Нойвеллер (Університет Лаваль, відповідальний за семінари та школи), Мішель Мало (Національний дослідницький університет, відповідальний за наукову програму), Стефані Ларманьяк (Геологічна служба Канади, секретар), Александра Нормандьє (Геологічна служба Канади, зв'язок з молодими вченими).

В рамках конгресу на окремих виставкових стендах свої досягнення і розробки презентували:

- Китайський університет наук про Землю (Ухань);
- Європейський консорціум океанічного дослідницького буріння (ECOD), Національний центр наукових досліджень (CNRS, Франція), компанія OTELO (Франція) – спільна експозиція;
- Центр наук про Землю Квебеку (CGQ) – спільний дослідницький центр Геологічної служби Канади та Національного дослідницького університету;
- Товариство осадової геології (SEPM, США);
- компанії: Геотек (Geotek Ltd, Велика Британія), Вайлі (IAS/Wiley), Ньютек Саєнтифік (NEWTEC Scientific), Нексус Метролоджі (підрозділ Трікон Текнолоджіз Інкорпорейтед), П'єриде Енерджі (Pieridae Energy), Соквелек (Soquelec), Тескан (Tescan).



Рис. 1. Організатори конгресу та представники Міжнародної асоціації седиментологів під час роботи 20-го конгресу.

Fig. 1. The organizers of the congress and the representatives of the International Association of Sedimentologists during their work on 20th Congress.

Компанія Кокс (COX Analytical Systems) рекламувала обладнання Itrax XRF для неруйнівної експрес-діагностики гірських порід та мінералів.

Заявки на доповіді конгресу подали 2550 авторів з 53 країн світу. Вони представили 536 усних, 161 коротку усну та стендову доповідь, 467 стендових доповідей, особисту участь узяла 931 особа. Найчисленнішою серед учасників була делегація Китаю, яка презентувала 37 % усних та 53 % стендових, а загалом 44 % усіх доповідей.

КЛЮЧОВІ НАУКОВІ НАПРЯМИ

Діяльність конгресу відбувалася під гаслом «Седиментологічна подорож крізь 3 мільярди років у новий світ» у семи секціях, кожна з яких об'єднувала низку спеціалізованих підсекцій (симпозіумів).

Секція 1. Системи карбонатонакопичення, дев'ять симпозиумів:

1. Закислення та апвелінг океану в седиментаційному літописі карбонатів;
2. Біоседиментація під час великих переходів від одноклітинних (бактерій?) до багатоклітинних в геологічному минулому;
3. Карбонатні схили: седиментологія, стратиграфія та значення для палеокліматичних реконструкцій;
4. Мікробіальні карбонати: проблеми та перспективи;
5. Карбонатні платформи як седиментаційні архіви коливань рівня моря та палеоокеанографічних змін: за даними мезозойських розрізів;
6. Еволюційна біоседиментологія палеозою;
7. Глибоководні перевідкладені карбонати: седиментаційні ознаки, умови поширення та моделі накопичення;
8. Карбонатні біогенні тіла у часі та просторі: від організмів до гігантських седиментаційних структур;
9. Відкритий симпозиум з карбонатів та біоспруд.

Секція 2. Системи осадконакопичення уламкових порід, сім симпозиумів:

1. Моделювання флювіальних фацій: останні напрацювання та перспективи;
2. Моделі глибоководної седиментації уламкових та карбонатних утворень;
3. Седиментологія озерних відкладів: останні досягнення та перспективи;

4. Еолові системи та басейни пустель;
5. Прогрес у седиментології та стратиграфії глинистих сланців;
6. Відкрита сесія з обстановок уламкового осадконакопичення;
7. Седиментаційні ландшафти до появи рослинності на суходолі та їх аналоги серед сучасних позаземних систем.

Секція 3. Седиментаційні обстановки минулого і палеоклімату, сім симпозиумів:

1. Седиментаційний літопис зледеніння: від протерозою до четвертинного періоду;
2. Нові досягнення в іхнології у застосуванні до фаціального аналізу та сіквенс-стратиграфії;
3. Інтерпретація седиментаційного літопису для розуміння докембрійських палеосередовищ;
4. Седиментаційний літопис еолових обстановок минулого;
5. Континентальні обстановки осадконакопичення та клімат у мезокайнозой;
6. Відкрите засідання з палеосередовищ та палеокліматів;
7. Надзвичайні події в озерній седиментації – можливості та обмеження відтворення літопису.

Секція 4. Седиментаційні процеси, дев'ять симпозиумів:

1. Досягнення у застосуванні ізотопних і хімічних ознак до вивчення діагенезу та змін складу морської води у геологічному минулому: на вшанування пам'яті професора Яна Вейзера;
2. Пізнання морських седиментаційних процесів – від мілководних до глибоководних;
3. Експериментальні та математичні підходи до розуміння кристалізації, росту та розчинення карбонатів;
4. Палеотермометрія в басейнах седиментації;
5. «Цикл глини» у гравітаційних потоках: мобілізація, транспортування та відкладення;
6. Вплив переміщення мас на середовище седиментації;
7. Контурити в змішаних системах: діагностичні критерії та застосування;
8. Фізичне та цифрове моделювання руху осадків і морфодинамічної еволюції в естуаріях, узбережжях та річках;
9. Відкрите засідання з седиментаційних процесів.

Секція 5. Джерела живлення та осередки осадконакопичення, чотири симпозиуми:

1. Седиментологія: джерела речовини, резервуари осадконакопичення і геологічний час;
2. 30 років вивчення піщаних петрофацій: на вшанування пам'яті професора Раймонда В. Інгеролла;
3. Критичні зони переходу: фізіографія та стратиграфічний літопис;
4. Відкрите засідання з джерел та осередків осадконакопичення.

Секція 6. Прикладна седиментологія, 11 симпозиумів:

1. Неруйнівні техніки вивчення керна, засідання на честь професора Бернарда Лонга (1946-2006);
2. Хемостратиграфія – ефективний спосіб для вдосконалення седиментаційних моделей та підтримки інженерної сфери;
3. Механізми доломітизації, формування та збереження доломітових відкладів;
4. Еволюція басейнів седиментації очима геофізиків;
5. Інтегрована система аналізу сланців: від седиментації до дозрівання та утворення вуглеводнів;
6. Еволюція та ресурсний потенціал арктичних седиментаційних басейнів;
7. Материкові щільні (сланцеві) нафтопрояви в континентальних седиментаційних басейнах Китаю;
8. Газогідрати – ресурсний потенціал, вплив на навколишнє середовище та геонебезпека;
9. Осадкове рудоутворення;
10. Відкрите засідання з прикладної седиментології (сучасні та давні умови осадконакопичення) і геотермальної енергії в седиментаційних басейнах;
11. Варви та антропоцен.

Секція 7. Інше (еволюція басейнів седиментації, дослідження Землі опорним бурінням); два симпозиуми.

Чотири теми було визначено організаторами конгресу в якості ключових доповідей, з якими на спеціальних пленарних засіданнях виступили:

Професор Джей Сівіцкі (Університет Колорадо, США) – «Антропоцен – від концепції до геологічної епохи, до науки 21-го століття».

Доповідь, яка стала однією з центральних подій конгресу, була присвячена популяризації ідеї про виділення в антропогеновому періоді після плейстоцену та голоцену нової геологічної епохи – антропоцену (Ю. Стормер, П. Крутцен, 2000). Ілюструючи положення нашого геніального співвітчизника В.І. Вернадського про перетворення людської діяльності на рушійну геологічну силу глобального характеру, авторка наводить дані про її масштаби в седиментологічному вимірі. Так, внесок людської діяльності у транспортування осадів є більшим, ніж льоду (понад 4 Гт/рік), вітру (близько 1,5 Гт/рік) та води (12,8 Гт/рік твердих частинок і 4 Гт/рік у розчиненому вигляді). Сукупний об'єм виробництва у світі становить 13 Гт/рік, що дорівнює кількості наносів, які потрапляють з річковим стоком до Світового океану. Людство видобуває на рік 9 Гт вугілля, виробляє 2,2 Гт залізної руди, 3 Гт цементу.

Широко дискутується питання про геологічні репери початку нової епохи. Поряд з такими явищами, як поява у відкладах твердих продуктів згоряння викопного палива, металів (алюмінію), пластмас та бетону, глобальні зміни азотного, фосфорного та вуглецевого циклів, в якості найнадійнішого репера розглядається стрибок вмісту у геологічних осадах радіонуклідів – продуктів ядерних вибухів з середини 1940-х років. Нагадаємо, що питання про виділення антропоцену розглядалося на 35-й сесії Міжнародного геологічного конгресу у 2016 р. Якщо пропозицію буде схвалено Міжнародною комісією з стратиграфії і ратифіковано Міжнародним союзом геологічних наук, нова геологічна епоха набуде прав громадянства.

Інші ключові та пленарні доповіді були такі: Д-р Бенуа Бошам (Університет Калгарі, Канада) – «Западина Свєрдруп, Арктична Канада: Головна седиментаційна лабораторія Канади».

Д-р Кітті Міллікен (Університет Техасу в Остіні, США) – «Механізми обчислення зменшення пористості в аргілітах».

Д-р Грег Баняк (Бритш Петролеум Канада, Енерджі Груп, Калгарі, Канада) – «Застосування різних технік відображення для оцінки біотурбаційних резервуарів».

На обговорення пленарних засідань було також винесено доповіді:

Професора Рейчел Вуд (Університет Единбурга, Велика Британія) із співавторами. – «Чи були відновні умови причи-

ною загибелі едіакарського бентосу? Свідчення, отримані дослідженням цементу найдавніших морських осади́в»; Професора-емерита Луїса Помала (Університет Балеарських островів, Іспанія) – «Помилки у дослідженні карбонатів»; Професора Адріана Імменгаузера (Рурський університет, Бохум, Німеччина) – «Про три флюїди».

Цікавинками конгресу були короткі навчальні курси та семінари. Так, делегати могли взяти участь у п'яти семінарах:

- Хемостратиграфія аргілітів та щільних пісковиків – методи та результати для вирішення геологічних проблем (керівник – Жан-Ів Шательє, Текто Седі Інтегрейтед, Калгарі, Канада);
- Аналіз розмірів зерен методом моделювання граничних членів із використанням програмних пакетів R (керівник – Елізабет Дітце, Центр досліджень Землі, Потсдам, Німеччина);
- Компонентний ізотопний аналіз біомаркерів та забруднювачів осади́в (керівник – Ясон Ахад, Геологічна служба Канади, Квебек);
- Сіквенс - стратиграфія (керівник – Октавіан Катунану, Університет Альберти, Канада);
- Критерії для діагностики відкладів контуритів (керівники – Хав'єр Гернандец Моліна, Лондонський університет, Велика Британія; Мішель Ребеско, Національний інститут океанографії та експериментальної геофізики, Італія; д-р Давід ван Рой, Університет Гента, Бельгія).

Наукові школи було присвячено таким темам:

- Процеси надкритичних потоків та форми залягання: сучасний стан та перспективні напрями (керівники – Арнод Слотман, Університет нафти та мінералів короля Фахда, Саудівська Аравія; Александра Нормандьє, Природні ресурси Канади, Дартмут; Стефен Габбард, Університет Калгарі, Канада; Метью Картіньї, Університет Дарема, Велика Британія);
- Як складати запит на проведення досліджень (для молодих вчених; керівники – Адріан Імменгаузер, президент IAS, та Джіованна Делла Порта, віце-президент IAS, координатор аспірантських грантів IAS);

- Як писати статті для журналів *Sedimentology* та *The Depositional Records* (для молодих вчених; керівники – Найгел Маунтней, Пер Пуфал (головні редактори *Sedimentology*), Пітер Сворт (головний редактор *The Depositional Records*)).

УЧАСТЬ УКРАЇНСЬКИХ ГЕОЛОГІВ

У роботі конгресу від України взяли участь автори цієї публікації – С.Б. Шехунова та В.М. Палій, які (із співавторами) представили одну усну та дві стендові доповіді.

Доповідь «Сучасні здобутки в ізотопних та геохімічних дослідженнях діагенетичних процесів та еволюції складу морської води» (автори С. Шехунова, С. Стадніченко, Н. Сюмар, М. Алексєєнкова) була презентована на засіданні секції, присвяченій пам'яті видатного геохіміка, дослідника стабільних ізотопів Яна Вейзера. В доповіді йшлося про співвідношення ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ангідриту нижньопермської соленосної формації Дніпровсько-Донецької западини. Геохімічне обґрунтування стратиграфічного розчленування утворень нижньопермської соленосної формації Дніпровсько-Донецької западини, аналіз джерел речовини та уточнення палеогеографічних і кліматичних умов осади́в накопичення і перетворення в літогенезі були метою вивчення ізотопного складу стронцію в ангідриті. Співвідношення $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ було визначено у 33 зразках пластового ангідриту, відібраних з керна свердловин з центральної та південно-східної частин поширення микитівської та слов'янської субформацій (Копилівська, Рябухинська, Західно-Співаківська площі) та в одному зразку верхньодевонської (франської) соленосної формації (Чутівська структура). Отримані значення співвідношення ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) змінюються від 0,70779 до 0,70810, що узгоджується із нижньопермськими ділянками кривої зміни ізотопного складу Sr у Світовому океані у фанерозої, одним із авторів якої і був Ян Вейзер. Співвідношення $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ангідриту з микитівських утворень має значення 0,70781 та 0,70792, слов'янських – 0,70779 та 0,70810. Найвище значення співвідношення, встановлене в ангідриті із Західно-Співаківської площі – 0,70924 (слов'янська субформація), може бути пояснено континентальним впливом, що підтверджується присутністю у розрізі теригенних порід. Очікуваної тенденції до зниження співвідношення вгору за розрізом до палео-

зойського мінімуму у пізній пермі не встановлено. Це може свідчити про обмежений зв'язок у цей час солеродного басейну із Світовим океаном або про незначний часовий інтервал, що розділяв накопичення досліджених пластів ангідриту.

Доповідь С. Шехунової, В. Палія, С. Стадніченко «Циклічність едіакарських (вендських) відкладів Волино-Поділля (Україна)» була представлена на секції: «Інтерпретація седиментаційного літопису для розуміння докембрійських палеосередовищ».

Однією з із задач роботи було поширення інформації про розріз венду (едіакарію) Волино-Поділля, який є одним з найповніших у світі, починається утвореннями бродівської світи, що приблизно відповідає відкладам з тілітами вільчанської серії, яка простежується по всій Східноєвропейській платформі, а закінчується у підшві зони біогліфів *Phycodes pedum*, що відповідає межі докембрію – кембрію.

Вендські відклади, що мають потужність до 600 м, представлені теригенною товщею конгломератів, гравелітів, пісковиків, алевролітів та аргілітів і є літописом переходу від гіпотетичного глобального зледеніння Землі типу «снігова куля» до періодів потепління, продовження окиснення атмосфери та певною мірою гідросфери.

У розрізі венду розрізняється щонайменше дев'ять циклів седиментації. Перший, що відповідає грушкінській світі нижнього венду, представлений (знизу вгору) червоноколірними грубозернистими *бахтинськими* та сіроколірними тонкозернистими *віньковецькими* переважно теригенними верствами.

У розрізі верхнього венду простежується вісім циклів седиментації. Другий та третій цикли встановлені в могилівській світі. Другий цикл відповідає *ольчедаївським* (сіроколірні конгломерати, гравеліти, дельтові пісковики) і *ломозівським* (гравеліти, пісковики, темно-сірі аргіліти з *Tribrachidium heraldicum* Gl., *Dickinsonia costata* Sprigg та ін.), а третій – *ямпільським* (світло-сірі косошаруваті пісковики з численними відбитками *Nemiana simplex* Palij) та *лядовським* (зеленувато-сірі до коричневих аргіліти) верствам. Четвертий цикл, що відповідає яришівській світі, представлений *бернашівськими* (світло-сірі пісковики та алевроліти з *Tirasiana* Palij), *бронницькими* (шоколадно-коричневі та зеленувато-сірі туфіти,

туфоаргіліти з *Bronicella podolica* Zaika-Nov.) і зінківськими (зеленувато-блакитно-сірі аргіліти, алевроліти з найбагатшим у розрізі комплексом мікрофітофосилій) верствами. П'ятий цикл (нагорянська світа) включає *джуржівські* (гравеліти, пісковики, алевроліти) та *калюські* (темно-сірі аргіліти з жовнами фосфоритів та рештками вендотенієвих водоростей) верстви.

В канилівській серії чотири седиментаційних цикли відповідають данилівській, жарнівській, крушанівській, студеницькій світам. Нижня частина кожного циклу складена більш грубоуламковим матеріалом з переважанням пісковиків та алевролітів, тоді як у верхній частині здебільшого домінують аргіліти.

Аргіліти другого, третього, четвертого та п'ятого циклів мають шари з підвищеним вмістом фосфатів.

На основі палеонтологічних, петрографічних та електронномікроскопічних досліджень з мікрозондовими аналізаторами (SEM, EDS-WDS) було отримано нові дані про умови утворення та ультрамікроструктурні, літолого-мінералогічні, геохімічні особливості порід, зокрема циклічність накопичення фосфоритів та пелітів у товщі низькоенергетичного стратифікованого глибоководного середовища.

На цій же секції В. Палій представив доповідь «Про літологічну природу проблематичних скам'янілостей». У ній обґрунтовано неорганічне походження проблематичних утворень з бронницьких верств венду Поділля, описаних Б.С. Соколовим як відбитки багатоклітинних організмів *Planomedusites grandis*, *Charniodiscus planus* та *Medusinites patellaris*. З використанням сучасних методів електронної мікроскопії та лазерної седиментографії доведено, що ці структури є результатом вибіркового вивітрювання поверхні зразків по літологічних неоднорідностях породи, зумовлених наявністю у ній шарів або кілець Лізеганга, які утворилися у процесі діагенезу.

На жаль, доробок інших наукових установ або закладів вищої освіти та геологічних організацій України, крім Інституту геологічних наук НАН України, не був представлений на конгресі.

ПОЛЬОВІ ГЕОЛОГІЧНІ ЕКСКУРСІЇ

Програма конгресу включала також 14 польових геологічних екскурсій по різних регіонах Північної Америки – дві до початку, сім під час засідань конгресу та п'ять після його закін-

чення. Автори взяли участь у двох з них. Передконгресова екскурсія «Седиментологія і палеонтологія найдавніших едіакарських комплексів Ньюфаундленду» тривала з 7 по 12 серпня 2018 р. Неповторна природа цього північноатлантичного острова, грандіозні відслонення осадових товщ верхнього докембрію, оригінальний комплекс органічних решток справляють незабутнє враження.

Седиментологія і палеонтологія едіакарських комплексів Ньюфаундленду

У структурно-геологічному відношенні Ньюфаундленд є продовженням каледонського гірського масиву Аппалачів. Фундамент острова складають кембрійські та нижньоордовицькі карбонатно-теригенні відклади, а в ядрах тектонічних піднять — теригенно-вулканогенні породи верхнього протерозою. Місцезнаходження едіакарської фауни на Ньюфаундленді зосереджені в його південно-східній частині на Авалонському півострові. Тут, головним чином в урвищах атлантичного узбережжя, відслонюється розріз едіакарських (вендських) відкладів, який вважається одним з найкращих у світі прикладів стратиграфії термінального неопротерозою. Частина розрізу, до якої приурочено знахідки едіакарської біоти, включає (знизу вгору) групу Концепшен у складі формацій Друк, Бріскейл та Містейкен Пойнт і групу Сент-Джонс з формаціями Трепассі та Ферм'юз.

У відкладах формацій Молл Бей та Гескіз (нижня частина групи Концепшен), Реньюс Хед (верхня частина групи Сент-Джонс) і групи Сайгнел Гілл, що залягають вище, таких знахідок не зафіксовано. М. Лафламм наводить дані визначення абсолютного віку: для формації Гескіз – 580 млн років, для формації Друк – 575 млн років, для формації Містейкен Пойнт – 565 млн років (Laflamme, 2018; Liu, 2017; Pu, 2016).

Формація Друк являє собою товщу потужністю до 770 м дрібно-, тонкозернистих туфо-пісковиків та аргілітів з верствою близько 0,5 м червоного аргіліту в основі. Вище за розрізом забарвлення поступово змінюється на зеленкувате, характерне для більшої частини формації. Тонка шаруватість та дрібна зернистість у низах формації також змінюються вгору за розрізом в напрямку збільшення потужності прошарків і розміру зерен. Червоне забарвлення одними дослідниками розглядається як відображення оксигенізації після гло-

бального зледеніння типу «снігова куля» внаслідок відновлення або інтенсифікації глибокої океанічної циркуляції, іншими – як свідчення збагачення океану залізом.

На формації Друк згідно залягають відклади формації Бріскейл потужністю 310 м – від сірозелених та рожевих грубозернистих пісковиків до сірих алевролітів. Шаруватість товста, горизонтальна. У цих відкладах трапляються відбитки рангеоморф *Fractofusus andersoni*, *Culmofrons plumosa*, *Charniodiscus*, *Trepassia*, *Beothukis*, *Primocandelabrum*, зрідка *Bradgatia* та утворення, відомі під загальною назвою айвесхедіоморфи («диски піцци») (Laflamme, 2018).

Формація Містейкен Пойнт потужністю 290 м складена товсто-, горизонтальношаруватими турбідітними середньо- і дрібнозернистими червоними, зеленими та сірими пісковиками, що переходять у зеленкувато-сірі аргіліти. У багатьох випадках на поверхнях нашарування спостерігаються прошарки світло-, зеленкувато-сірого туфогенного матеріалу; подекуди товща містить окатані уламки сланців, а у верхній частині – кутасті вклучення вулканогенних (туфових) порід. Відклади формації містять відбитки космополітичних представників едіакарської біоти: *Aspidella*, *Charnia* (*C. masoni*, *C. antecedens*, *C. wardae*), *Charniodiscus* (*Ch. procerus*, *Ch. spinosus*, *Ch. arboreus*) (Laflamme, 2018; Liu, 2017).

Формація Трепассі, потужністю 240 м, представлена монотонною послідовністю тонкошаруватих, тонкозернистих турбідітів з дуже тонкими прошарками контуритів у співвідношенні в середньому 10 : 1. Знаки течій спостерігаються значно рідше, ніж у формації Містейкен Пойнт, що залягає нижче. Тут знайдено відбитки *Trepassia* (*Charnia*) *wardae*, *Charnia antecedens*, *Thectardis avalonensis* та численні айвесхедіоморфи (Laflamme, 2018).

Формація Ферм'юз, потужністю 720 м, характеризується різким переходом від сірих турбідітних алевролітів формації Трепассі до темноколірних аргілітів і алевролітів, які можуть перешаровуватися з прошарками або лінзами пісковиків. У верхній частині розрізу часто спостерігаються сліди течій, проте ознаки мілководдя повністю відсутні.

Можна провести певні паралелі між розрізами верхнього докембрію Ньюфаундленду і південного заходу Східноєвропейської платформи (Волино-Поділля) та умовами їх форму-

вання. І там, і тут різко переважають дрібно-уламкові, часом пірокластичні породи (пісковики, алевроліти, аргіліти), практично відсутні карбонати, окремі літологічні одиниці добре витримані за складом та потужністю, чітко простежуються на значні відстані. Наявні ознаки перед- або ранньовендського зледеніння (формація Гескіз Ньюфаундленду – поліська серія, бродівська світа Волині). На окремих етапах циклів седиментації на дні едіакарського (вендського) морського басейну періодично виникали сприятливі умови для поселення та розвитку специфічної біоти. Водночас наявні і характерні відмінності. Потужності порід як окремих седиментаційних циклів, так і всього докембрійського розрізу Ньюфаундленду значно більші за волино-подільський, оскільки відкладалися в умовах інтенсивного прогинання авалонського басейну седиментації (590 – 540 млн років), тоді як венд України є типовим епіплатформним утворенням. У розрізі Ньюфаундленду суттєво більшою є питома вага вулканогенних верств, включно із подекуди крупноуламковими пірокластичними відкладами, що свідчить про значно інтенсивніший порівняно зі Східноєвропейською платформою розвиток вулканізму. Крім того, докембрійські теригенні та вулканогенні породи Ньюфаундленду під час пізньокаледонського орогенезу зазнали інтенсивного динамічного впливу (аж до початкових стадій метаморфізму), внаслідок чого вони відрізняються від волино-подільських більшою щільністю та міцністю, а їх товщі утворили плікативні та диз'юнктивні структури різної інтенсивності, які відсутні у венді заходу Східноєвропейської платформи. Цікавою особливістю палеонтологічних решток докембрію Ньюфаундленду є їх тафономія. У відкладах венду Волино-Поділля поховання та наступна літифікація відбитків викопних організмів *Nemiana*, *Tirasiana*, *Cyclomedusa* тощо відбувалися, як правило, внаслідок швидкого надходження піщаного осаду та засипання ним цих істот, що населяли мулисте дно мілководдя вендського морського басейну. Для едіакарію Ньюфаундленду досить типовим явищем є загибель і поховання бентосу внаслідок раптового випадання та осадження на дно продуктів вивержень – вулканічного попелу.

Унікальний розріз о-ва Ньюфаундленд як взірець організації заповідника

Після відкриття Місрю і Андерсоном (1967

– 1968 рр.) едіакарської біоти Ньюфаундленду її місцезнаходження привернули увагу в усьому світі й попри свою віддаленість та складні умови доступу стали об'єктами відвідувань не лише фахівців-палеонтологів та геологів, а й численних аматорів. І треба віддати належне геологічній громадськості та владам Канади і провінції Ньюфаундленд та Лабрадор, які своєчасно оцінили значення цих унікальних геолого-палеонтологічних пам'яток і, з одного боку, багато зробили для їх популяризації, а з іншого – забезпечили висококваліфіковану ефективну охорону. З цією метою 1984 р. було створено екологічний заповідник Містейкен Пойнт, а у 2016 р. його включено до списку світової спадщини ЮНЕСКО. У заповіднику діє суворий охоронний режим. Будь-який доступ до заповідних відслонень (як організовані екскурсії, так й індивідуальні відвідування) надається лише за окремими дозволами та в обов'язковому супроводі працівників заповідника. Категорично заборонено відбір палеонтологічних зразків, користування геологічними молотками та іншими інструментами, будь-яке найменше порушення первинного стану відслонень. Для ходіння по поверхнях пластів з відбитками викопних організмів екскурсантам видається спеціальне ватяне взуття на кшталт музейного. На центральній садибі заповідника діє музей едіакарських скам'янілостей з цікавою експозицією.

Головним керівником екскурсії був Марк Лафлам з Університету Торонто (Міссісага), автор численних досліджень про едіакарську біоту Ньюфаундленду, зокрема дисертації на здобуття ступеня доктора філософії «Едіакарські гіллясті організми з комплексу Містейкен Пойнт, Ньюфаундленд» (2007 р.). Екскурсія починалася у столиці провінції Ньюфаундленд та Лабрадор м. Сент-Джонсі. Тут у самому центрі міста знаходиться відслонення темно-брунатних сланців формації Ферм'юз, з якого у 1872 р. Е. Біллінгсом було описано відбитки, названі ним *Aspidella terranovica* (їх докембрійський вік було встановлено значно пізніше). З пагорба Сайгнел Гілл відкривається чудовий краєвид м. Сент-Джонс та його околиць, а у східному напрямку – безмежні простори Атлантичного океану. Знамените це місце ще й тим, що тут у 1901 р. було облаштовано радіостанцію, на якій Марконі прийняв сигнал першої в світі трансатлантичної радіопередачі.

Після ознайомлення з відкладами нижньої частини групи Концепшен – формації Гескіз у

бухті Мейн (40 км на південний захід від м. Сент-Джонс), формацій Молл Бей, Гескіз та Друк у затоці Молл Бей – шлях екскурсантів проліг до містечка Сент-Шоттс – найпівденнішої точки Ньюфаундленду. Тут в алевролітах формації Містейкен Пойнт можна спостерігати численні відбитки *Aspidella* та добре збережені *Charnia masoni*, які були поховані під шаром

вулканічного попелу. Далі базою екскурсії стало невелике рибальське селище Трепассі на південному узбережжі Авалонського півострова. Звідси протягом наступних двох днів здійснювалися екскурсійні маршрути власне по території екологічного заповідника Містейкен Пойнт – малонаселеній місцевості, проте з досить добре розвинуеною дорожною мережею.



a



b

Рис. 2. Формація Фермеюз, едіакарій: а – відслонення аргілітів, що вписано в урбаністичний ландшафт м. Сент-Джонс; б – скол по площині нашарування аргілітів з відбитком метазою (*Aspidella*).

Fig. 2. Fermeuse Formation, Ediacaran: a – exposure of mudstone in the urban landscape of St. John's; b – the mudstone plane of stratification with imprint of metazoan (*Aspidella*).

Другий день екскурсії почався з пункту Піджен Ков поблизу головної садиби заповідника, де відслонюються відклади формації Друк. Знайдені у них відбитки *Trepassia (Charnia) wardae*, *Charnia antecedens*, *Thectardis avalonensis* тощо вважаються найдавнішими представниками едіакарської біоти Ньюфаунденду (вік близько 575 млн років). Далі маршрут пролягав узбережжям мису Рейс. Цікавинкою наступного місцезнаходження Дейліс Ков є надзвичайно довгі, але вузькі відбитки *Trepassia wardae* (близько 2 м завдовжки і лише 5 см завширшки). На відслоненні Піджен Ков – 2 привертає увагу розташування трикутних відбитків *Thectardis avalonensis*, які всі орієнтовані в одному напрямку. На відслоненні формації Бріскейл поблизу Брісті Ков у значній кількості спостерігаються відбитки *Fractofusus andersoni*, *Culmofrons plumosa*, значно рідше гіллясті *Bradgatia*, а у кількох метрах вище за розрізом – крупні айвесхедіоморфи, окремі з яких перевищують 1 м у діаметрі. Так звана верства BR5 (60 м вище підосви формації Бріскейл) – це наступне відслонення з відбитками *Fractofusus*, *Charniodiscus sp.*, *Trepassia*, *Beothukis*, *Culmofrons*, *Primocandelabrum*. Оскільки відбитки знайдено на кількох рівнях, їх орієнтація, а також деякі седиментологічні ознаки дають можливість зробити цікаві висновки про напрямки течій та їх зміну впродовж циклу седиментації.

Завершився другий день екскурсії відвіданням відомого маяка на південному сході мису Рейс. Тут 15 квітня 1912 р. місцевою радіостанцією було прийнято перший сигнал лиха з «Титаніка», що потопав у 600 км на південний схід від узбережжя Ньюфаундленду. В пам'ять цієї трагічної події біля маяка діє невеликий, але цікавий музей.

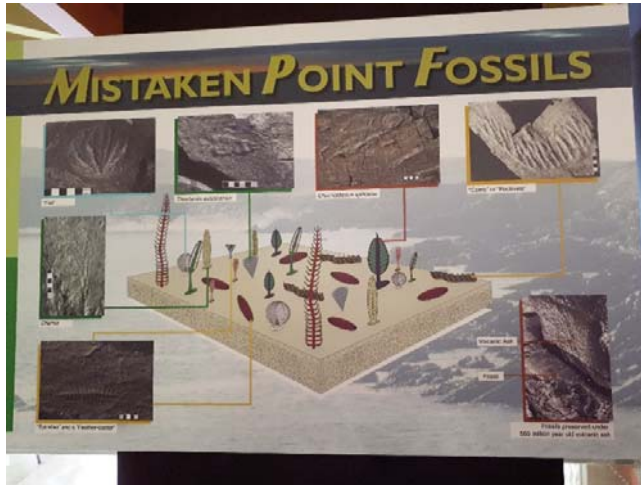
На третій день, після відвідування головної садиби заповідника, екскурсанти здійснили від автотраси енергійну пішу прогулянку завдовжки близько 8 км, щоб ознайомитися з групою відслонень на мисі Містейкен Пойнт. Порооди, що тут залягають, належать до верхів формації Містейкен Пойнт та базальних верств формації Трепассі. В останніх знаходяться відбитки *Charnia*, *Primocandelabrum*, *Charniodiscus*, крупні айвесхедіоморфи. На одній з гігантських брил тонкозернистого пісковика формації Містейкен Пойнт із знаками хвильових брижів знайдено понад 1450 відбитків едіакарських

макроорганізмів, які належать щонайменше до восьми таксонів. Домінують представники трьох родів: *Bradgatia*, *Pectinifrons* та *Fractofusus*, рідше трапляються *Beothukis*. Тут, як і в багатьох інших випадках, поховання організмів відбулося внаслідок випадання вулканічного попелу, причому досить грубозернистого. На сусідньому відслоненні цієї формації знайдено понад 4000 відбитків, серед яких переважають *Fractofusus*, *Charniodiscus* та *Primocandelabrum*, водночас відсутні *Pectinifrons*. Саме на цих відслоненнях для ходіння по поверхні породи відвідувачі взуваються у спеціальні бахили, щоб не пошкодити відбитки. Приблизно на 50 м вище за розрізом від горизонту з відбитками Metazoa у формації Містейкен Пойнт знайдено поверхню з утвореннями, які деякі дослідники вважають одними з найдавніших у геологічному літописі слідами пересування багатоклітинних організмів (нагадаємо, що вік верств Містейкен Пойнт з відбитками Metazoa визначено приблизно у 566 млн років). Це близько сотні слідів завдовжки 15 – 172 та завширшки 1 – 13 мм, місцями викривлених, які можуть також перехрещуватися; причому видно, який із слідів утворився раніше, а який – пізніше. Цікаві тафономічні особливості відбитків *Pectinifrons*, *Beothukis*, *Bradgatia* спостерігаються на відслоненні Шінгл Хед, де залишилися свідчення пасивного пересування цих організмів разом з осадом похилою площиною седиментації вулканічного попелу під час захоронення (Laflamme, 2018; Liu, 2017).

Ранком четвертого дня екскурсії учасники залишили гостинне Трепассі і направилися до м. Сент-Джонс через Портагл Ков Саут та містечко Ферриленд на східному узбережжі Авалонського півострова. Тут відслонюється товща темно-брунатних та темно-сірих міцних метааргілітів формації Ферм'юз, які місцеве населення у минулі століття вживало для брукування шляхів, спорудження кам'яних огорож, стін будинків, печей та коминів, де й зараз в уламках породи подекуди можна бачити відбитки едіакарських *Aspidella*. У відслоненнях поверхні з ними займають великі площі, а відбитки досягають іноді 12 см у діаметрі, хоча найтиповішими є розміри від кількох міліметрів до 2 см. Таке різноманіття розмірів і, частково, форми представників цього таксону дало окремим дослідникам підстави для припущення, що ціла низка відомих едіакарських

родів, таких як *Beltanella*, *Cyclomedusa*, *Glaesneria*, *Irridinitus*, *Jampolium*, *Madigania*, *Medusinites*, *Paliella*, *Paramedusium*, *Planomedu-*

sites, *Protodipleurosoma*, *Tateana*, *Tirasiana*, *Vendella*, є молодшими синонімами роду *Aspidella* Billings, 1872.



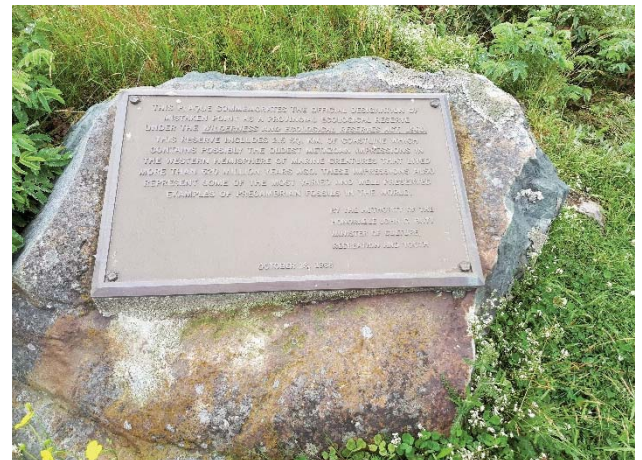
a



b



c



d

Рис. 3. Екологічний заповідник Містейкен Пойнт: а – в музеї заповідника стенд з інформацією про основні види викопних палеонтологічних решток з реконструкціями умов їхнього існування; б – бігборд з інформацією про заповідник та його межі; с – попереджувальні знаки про межі заповідника на екологічних маршрутах; d – охоронна дошка, поставлена 18 жовтня 1988 р., що інформує про територію заповідника, яка включає 2,5 кв. км берегової лінії, де в породах збереглися «можливо, найдревніші в Західній півкулі відбитки Metazoa – морських істот, що жили понад 620 млн. років тому».

Fig. 3. Ecological Reserve Mistaken Point: a – in the Museum of the Reserve exhibition with information about the main types of fossil paleontological remains with paleology reconstruction; b – a billboard with information about the reserve and its borders; c – warning signs on the boundaries of the reserve; d – a memorial board, delivered on October 18, 1988, informing about the territory of the reserve, which includes 2.5 sq km of coastline, where the rocks contain "probably the most ancient prints of Metazoa - marine creatures living over 620 million years ago in the western hemisphere".



а



б



с

Рис. 4. Відслонення формацій Молл Бей, Гескіз та Друк у затоці Молл Бей (а), відслонення діамектитів формації Гескіз (б, с).

Fig. 4. Exposure of the Conception Group (Mall Bay, Gaskiers and Drook Formations) in the Gulf of Mall Bay (a), the diamectites of the Gaskiers Formation (b, c).

Fig. 5. Montmorency Falls (northeastern outskirts of Quebec) formed on the Montmorency River, the waters of which fall through two ledges from the Canadian Shield: a – the main fault separating the Canadian Shield (right) from the steeply falling Ordovician limestones of the Trenton Group and the Utica shales lying downstream; b – waterfall, fault zone (shown by red arrow) and Ordovician shale; c – exposure of crystalline rocks of the Canadian Shield, which form a ledge of a waterfall 84 m in height, that is 30 m more than Niagara Falls; d – grey to dark-grey calcareous, bioturbated shale, with upward increase of siltstone and very fine-grained sandstone interbeds (Upper Ordovician flysch, the Lotbinière Formation).

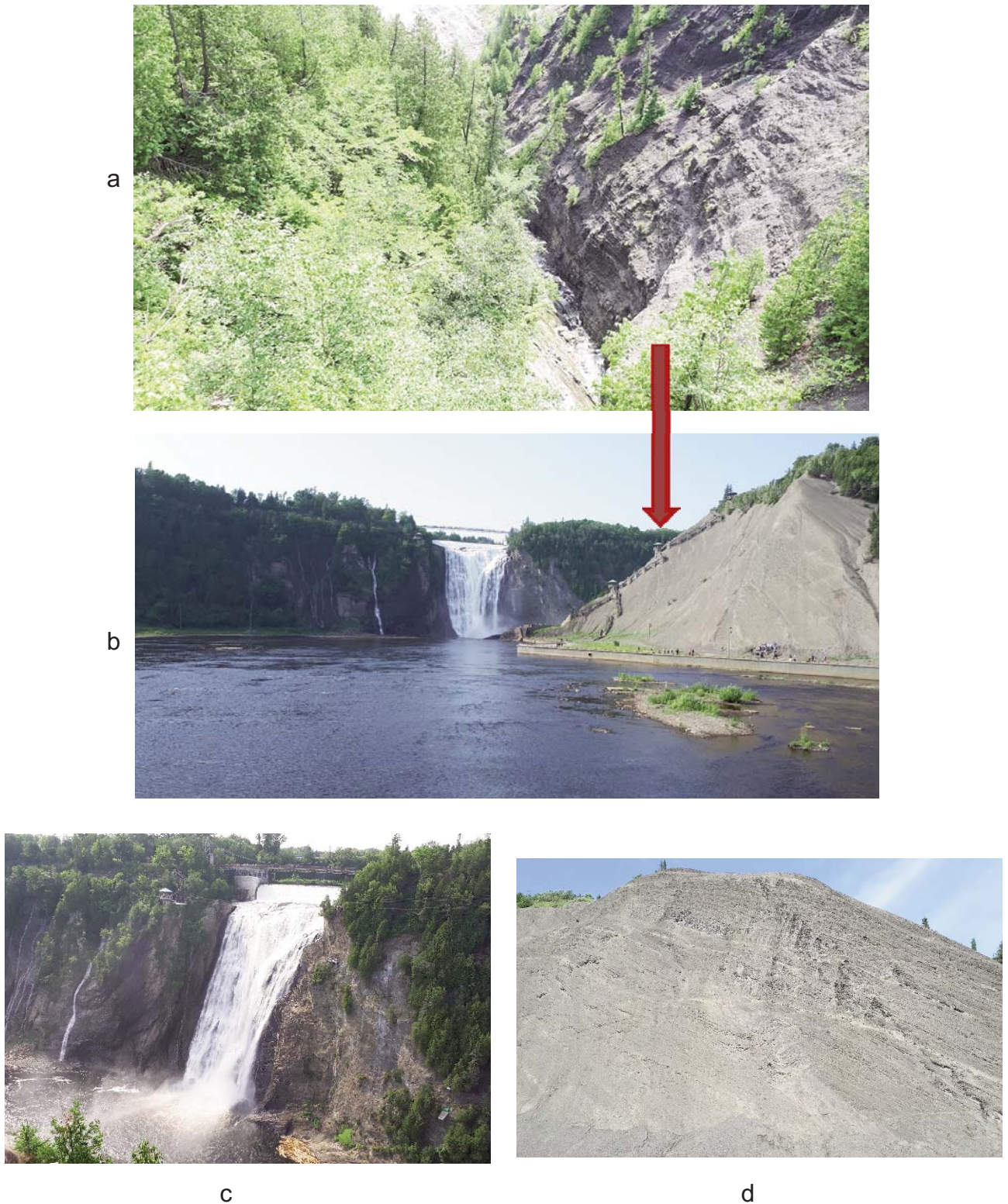


Рис. 5. Водоспад Монтморансі (північно-східна околиця Квебека), що утворився на р. Монтморансі, води якої падають двома уступами з Канадського щита: а – основний розлом, що відділяє Канадський щит (справа) від крутопадаючих ордовицьких вапняків групи Трентон та сланців Ютика, що залягають нижче за течією; б – водоспад, розломна зона (показана червоною стрілкою) та ордовицькі сланці; с – вихід кристалічних порід Канадського щита, які формують уступ водоспаду заввишки 84 м, що на 30 м вище Ніагарського; д – сірі до темно-сірих вапнисті біоткрбовані аргіліти, угору за розрізом збільшується вміст прошарків алевроліту та дуже дрібнозернистих піщаників (фліш, верхній ордовік, формація Лотбіньер).

Проте підтвердження чи спростування цього припущення вимагає величезної ревізійної роботи щодо десятків відомих родів і сотень видів. Кілька років тому з цих відкладів було описано *Triforillonia costellae* – невеликі (20 – 26 мм) трилопатеві відбитки, що нагадують за формою листок конюшини. Крім формації Ферм'юз Ферриленду такі відбитки досі більше ніде не знайдено; їхня інтерпретація вимагає серйозних досліджень.

Ми залишали заповідник Містейкен Пойнт і Ньюфаундленд з великим бажанням донести отриману інформацію до колег-співвітчизників як взірць охорони і популяризації геологічної спадщини, гідний усілякого наслідування.

Верхньоордовицькі утворення Квебеку

Одноденна екскурсія «Верхньоордовицька товща Таконійського передового прогину в околицях міста Квебек» відбулася 15 серпня 2018 р. під керівництвом Деніса Лавуа (Геологічна служба Канади).

Учасники ознайомилися з відслоненнями чорних бітумінозних сланців формацій Блек Рівер та Трентон (карадокський ярус), відвідали мальовничий водоспад Монморансі, біля якого спостерігається контакт докембрійських гнейсів формації Гренвілл з середньо – верхньоордовицькими платформними та глибоководними відкладами. В ордовицьких верствах численними є знахідки криніоїдів, брахіопод, молюсків, моховаток, граптолітів.

У стислому огляді неможливо висвітлити все різноманіття тематики та досягнень седиментологічних (літологічних) досліджень, відображених у доповідях, повідомленнях та дискусіях учасників конгресу. Відзначимо лише окремі результати й тенденції, які привернули найбільшу увагу.

Так, генезису та властивостям газо- і нафтовмісних осадових комплексів Північної та Південної Америки, Західної і Центральної Європи, Китаю та інших регіонів було присвячено велику кількість доповідей. Серед них, у свою чергу, провідне місце посідали результати дослідження відкладів, які містять сланцевий газ та сланцеву нафту.

Було багато доповідей, присвячених сучасним методам седиментологічних досліджень. Відзначається якнайширше застосування електронної мікроскопії, лазерної седиментографії, ізотопних визначень, комплексування з геофізичними даними, автоматизації окремих видів літологічних аналізів тощо.

Палеогеографічні та палеокліматичні реконструкції представляли ще один масив доповідей конгресу. Вже традиційними для наукової спільноти седиментологів стали доповіді про седиментологію та стратиграфію відкладів одного з кратерів Марсу як приклад осадоутворення за умов відсутності рослинності у екстраарідних умовах.

Велику увагу приділено ролі організмів і органічної речовини у седиментогенезі усіх геологічних епох – від архею до сучасності. Знайшли свій подальший розвиток уявлення про мікро- та макробіоседиментаційні процеси, продемонстровано застосування біомаркерів для з'ясування генезису і природи проблематичних осадових утворень. Окремий симпозиум було присвячено проблемам осадоконакопичення в докембрії у контексті виникнення, розвитку та зникнення едіакарської біоти. Доповіді з палеоіхнологічної тематики продемонстрували, що іхнологія перетворилася на ефективний практичний інструмент фаціального аналізу, за допомогою якого, зокрема, визначаються властивості колекторів вуглеводнів.

Низка доповідей, присвячених ролі глибинних флюїдів у седименто- та літогенезі, свідчить про актуальність цього напряму досліджень, який в Україні успішно розвивається О.Ю. Лукіним, В.М. Шестопаловим, Є.Ф. Шнюковим, О.Б. Климчуком та ін.

Насамкінець роботи конгресу за традицією відбулося обрання нового президента Міжнародної асоціації седиментологів. Ним став Деніел Арізтегу, професор Женевського університету, фахівець з дослідження морських і озерних відкладів та їх використання для реконструкції природних середовищ минулого. Наступний 21-й Міжнародний седиментологічний конгрес відбудеться 2022 р. у Китаї.

REFERENCES

Gozhyk P.F. (Editor-in-chief), 2013. Stratigraphy of Upper Proterozoic, Paleozoic and Mesozoic of Ukraine.

Стратиграфія верхнього протерозою та фанерозою України: У 2 т. Т. 1: Стратиграфія верхнього протеро-

V.1. Kyiv: Institute of Geological Sciences National Academy of Sciences of Ukraine. Logos, 637 p. (In Ukrainian)

Ivantsov A.Yu., Gritsenko V.P., Paliy V.M., Velikanov V.A., Konstantinenko L.I., Menasova A.Sh., Fedonkin M.A., Zakrevskaya M.A., Serezhnikova E.A., 2015. Upper Vendian macrofossils of Eastern Europe. Middle Dniester area and Volhynia. Moscow: PIN RAS, 144 p. (In Russian and English).

Stella B. Shekhunova, Svitlana M. Stadnichenko, Volodymir M. Paliy, Vitalii V. Permyakov Nanotextures of Vendian and Alb-Cenomanian Phosphates of the Neardnistria. Collection of Scientific works of the Insitute of geological sciences NAS of Ukraine. – 2016. Vol. 9. Pp. 190-201.

Laflamme M., Darroch S.A.F., Racicot R.A., Maloney K.M., Gibson B.M., 2018. Sedimentology and Paleontology of the oldest Ediacaran communities of Newfoundland 20th International Sedimentological Congress field guide. 54 p.

Liu A.G., Matthews J.J., Narbonne G.M., 2017. Ediacaran Geology and Paleobiology of the Avalon Peninsula: International Symposium on the Ediacaran-Cambrian Transition field guide, 61 p.

Pu J.P., Bowring S.A., Ramezani J., Myrow P., Raub T.D., Landing E., Mills A., Hodgins E., Macdonald F.A., 2016. Dodging snowballs: Geochronology of the Gaskiers glaciation and the first appearance of the Ediacaran biota. *Geology*, 44, p. 955-958

зою, палеозою та мезозою України: / Гожик П.Ф. (голов. ред.). Київ: Логос, 2013. 637 с.

Иванцов А.Ю., Гриценко В.П., Палий В.М., Великанов В.А., Константиненко Л.И., Менасова А.Ш., Федонкин М.А., Закревская М.А., Сержникова Е.А. Макрофоссилии верхнего венда Восточной Европы. Среднее Приднестровье и Волынь. Москва: ПИН РАН, 2015. 144 с.

Шехунова С.Б., Стадніченко С.М., Палій В.М., Пермяков В.В. Наноструктури вендських та альб-сеноманських фосфоритів Придністров'я. Зб. наук. пр. ІГН НАН України. 2016. Т. 9. С. 190-201.

Laflamme M., Darroch S.A.F., Racicot R.A., Maloney K.M., Gibson B.M. Sedimentology and Paleontology of the oldest Ediacaran communities of Newfoundland 20th International Sedimentological Congress field guide, 2018. 54 p.

Liu A.G., Matthews J.J., Narbonne G.M. Ediacaran Geology and Paleobiology of the Avalon Peninsula: International Symposium on the Ediacaran-Cambrian Transition field guide, 2017, 61 p.

Pu J.P., Bowring S.A., Ramezani J., Myrow P., Raub T.D., Landing E., Mills A., Hodgins E., Macdonald F.A. Dodging snowballs: Geochronology of the Gaskiers glaciation and the first appearance of the Ediacaran biota. *Geology*, 44, 2016, p. 955-958

Manuscript received September 27, 2018;
revision accepted November, 01, 2019

Інститут геологічних наук НАН України
Київ, Україна