

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/374681520>

Trace fossils from the Buchak Formation (Lutetian, Eocene) of Luhansk Oblast, Ukraine, and their palaeogeographic significance

Article in *Geo&Bio* · June 2023

DOI: 10.53452/gb2408

CITATION

1

READS

68

2 authors, including:



Vitaliy Dernov

National Academy of Sciences of Ukraine

115 PUBLICATIONS 114 CITATIONS

SEE PROFILE

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/372942422>

Trace fossils from the Buchak Formation (Lutetian, Eocene) of Luhansk Oblast, Ukraine, and their palaeogeographic significance [in Ukrainian]

Article in *Geo&Bio* · August 2023

DOI: 10.15407/gb2408

CITATIONS

2

READS

110

2 authors, including:



Vitaliy Dernov

National Academy of Sciences of Ukraine

84 PUBLICATIONS 46 CITATIONS

SEE PROFILE

Trace fossils from the Buchak Formation (Lutetian, Eocene) of Luhansk Oblast, Ukraine, and their palaeogeographic significance

Vitaly Dernov¹, Mykola Udovychenko²

¹ Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

² Luhansk Taras Shevchenko National University (Poltava, Ukraine)

article info

key words

trace fossils, Eocene, Lutetian, Buchak Formation, Luhansk Oblast, Ukraine.

correspondence to

Vitaly Dernov; Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine; 55-b Oles Honchar Street, Kyiv, 01054 Ukraine;
Email: vitalydernov@gmail.com;
orcid: 0000-0002-5873-394X

article history

Submitted: 19.01.2023. Revised: 16.03.2023. Accepted: 30.06.2023

cite as

Dernov, V., M. Udovychenko. 2023. Trace fossils from the Buchak Formation (Lutetian, Eocene) of Luhansk Oblast, Ukraine, and their palaeogeographic significance. *GEO&BIO*, 24: 106–140. [In Ukrainian, with English summary]

abstract

Eleven Fodinichnia, Pascichnia, and Domichnia ichnotaxa (*Apectoichnus longissimus* (Kelly et Bromley, 1984), cf. *Conichnus* isp., *Gastrochaenolites* isp., *Gnathichnus* isp., *Macaronichnus segregatis* Clifton et Thompson, 1978, *Ophiomorpha nodosa* Lundgren, 1891, *Palaeophycus* isp., cf. *Rosselia* isp., *Skolithos linearis* (Haldeman, 1840), *Spongeliomorpha* isp., and *Thalassinoides* isp.) were identified from seven sections of shallow marine sediments of the Buchak Formation (Lutetian, middle Eocene) located in Luhansk Oblast, eastern Ukraine. Traces of bioerosion on the contact surface between the Upper Cretaceous marls and the Buchak Formation indicate the development of the Trypanites Ichnofacies in conditions of high water activity with almost absent sedimentation. Most of the sediments of the Buchak Formation in the study area was formed in the conditions of the Skolithos Ichnofacies, namely in littoral environments with significant water activity, to resist which organisms were forced to build burrow systems. Some time intervals were also characterized by a decrease in the activity of the water, during which the sands of the littoral and probably sublittoral zones were colonized by the trace-makers of *Macaronichnus segregatis* burrows. In places of mass accumulation of wood, the Teredolites Ichnofacies is recognized, which is characterized by the development of teredonid bivalves specializing in feeding on wood. The contact surface of the Buchak and Kyiv formations is a firmground with the Glossifungites Ichnofacies developed on its surface and under it, which was already functioning during the accumulation of Kyiv Formation sediments. This ichnofacies was characterized by high water activity and the presence of organisms capable of bioturbating relatively dense substrates. The origin of massifs and blocks of quartzite-like sandstones among the sands of the Buchak Formation of Luhansk Oblast and many other sections of eastern and north-eastern Ukraine is not fully understood, but their hydrothermal genesis is most likely. The obtained data are of great importance for the reconstruction of the depositional environment of the middle Eocene sediments in eastern Ukraine.

Іхнофосилії з відкладів буцацької світи (лютецький ярус, еоцен) Луганщини та їхнє палеогеографічне значення

Віталій Дернов¹, Микола Удовиченко²

¹ Інститут геологічних наук НАН України (Київ, Україна)

² Луганський національний університет імені Тараса Шевченка (Полтава, Україна)

Резюме. Із семи розрізів переважно піщаних мілководно-морських відкладів буцацької світи (лютецький ярус, еоцен) Луганщини визначено одинадцять іхнотаксонів іхнофосилій, що відносяться до категорій фодініхнія, пасціхнія та доміхнія, а саме: *Apectoichnus longissimus* (Kelly et Bromley, 1984), cf. *Conichnus* isp., *Gastrochaenolites* isp., *Gnathichnus* isp., *Macaronichnus segregatis* Clifton et Thompson, 1978, *Ophiomorpha nodosa* Lundgren, 1891, *Palaeophycus* isp., cf. *Rosselia* isp., *Skolithos linearis* (Haldeman, 1840), *Spongiomorpha* isp. і *Thalassinoides* isp. Сліди біоерозії на поверхні контакту верхньокрейдових мергелів та пісків буцацької світи свідчать про розвиток тут тріпанітової іхнофації в умовах високої активності водного стовпа за майже нульової седиментації. Більша частина розрізу буцацької світи в районі досліджень утворилася в умовах сколітової іхнофації за значної рухомості води, для протистояння якій організми були вимушені будувати системи нірок, часто укріплені футеровкою. Деякі інтервали часу накопичення відкладів буцацької світи вирізнялися також зниженням активності водного стовпа, за якої піски літоралі та, ймовірно, субліторалі колонізувалися продуцентами нірок *Macaronichnus segregatis*. В місцях масового скупчення ксилолітів виділяється тередолітова іхнофація, яка характеризується розвитком молюсків-тереденід, що спеціалізувалися на харчуванні деревиною. Контакт буцацької та київської світ в районі досліджень є фірмграундом з розвинутою на його поверхні та під нею глоссіфунгітової іхнофацією, яка функціонувала вже під час накопичення відкладів київської світи. Для цієї іхнофації були характерними висока енергія водної товщі та присутність організмів, які здатні біотурбувати порівняно щільні субстрати. Походження масивів та брил кварцитоподібних пісковиків серед пісків буцацької світи Луганщини та багатьох інших розрізів Сходу України є остаточно не з'ясованим, однак найбільш вірогідним є їхній гідротермальний генезис. Отримані дані мають велике значення для реконструкцій умов накопичення середньо-еоценових відкладів Сходу України.

Ключові слова: Іхнофосилії, еоцен, лютецький ярус, буцацька світа, Луганська область, Україна

Адреса для зв'язку: В. С. Дернов; Інститут геологічних наук НАН України; вул. Олеся Гончара, 55-б, Київ, 01054 Україна; email: vitalydernov@gmail.com; orcid: 0000-0002-5873-394X

Вступ

Палеогенові відклади значно поширені на території України і представлені як морськими, так і континентальними фаціями [Stratigraphic..., 1993; Zosimovich & Shevchenko 2015]. Історія їх вивчення нараховує близько двох сторіч, проте деякі проблеми стратиграфії та палеогеографії цих відкладів залишаються невирішеними. Товща так званого «докиївського» палеогену (канівська та буцацька світи) північної окраїни Донецької складчастої споруди (далі — ДСС) вкрай бідна на рештки тварин, особливо молюсків, які є традиційним інструментом для визначення віку кайнозойських морських відкладів. Ця обставина породила тривалу дискусію, предметом якої були вік та умови накопичення зазначених відкладів. Загадковим є також походження брил та масивів кварцитоподібних пісковиків серед пісків буцацької світи, поширених на окраїнах ДСС. Вирішення проблеми генезису цих порід має важливе значення для реконструкції палеогеографічних умов часу накопичення буцацької світи Сходу України.

В останні десятиріччя швидкими темпами розвивається палеоіхнологія — наука про викопні сліди життєдіяльності організмів. Отримані нею дані інтенсивно залучаються в практику седиментологічних, палеоекологічних, тафономічних та біостратиграфічних досліджень. Систематичні палеоіхнологічні дослідження кайнозойських відкладів України, розпочаті на початку другої половини минулого сторіччя О. В. Хижняковим [Khizhnyakov 1954], О. С. Вяловим [Vyalov 1960; Vyalov & Goretsky 1964; Vyalov & Flerov 1952; 1953; 1954 та ін.], Л. С. Білокрисом [Bilokrys 1962; Belokrys 1965; 1968] на даний час майже припинилися, незважаючи на

те, що іхнофосилії часто бувають єдиними палеонтологічними об'єктами у відкладах деяких стратиграфічних підрозділів. До того ж, їх вивчення дозволяє реконструювати умови накопичення відкладів.

Даних щодо іхнофосилій з відкладів бучацької світи північної окраїни Донбасу небагато. Ймовірно, перша згадка щодо них міститься в роботі Н. Д. Борисяка [Borisyak 1867], в якій з так званих «надкрейдових» пісків поблизу населеного пункту Марківка (сучасне селище з однойменною назвою) наводяться «відбитки водоростей», які в іншому місці в цій же роботі [Borisyak 1867: р. 99] цитуються як *Cylindrites tuberculosus* Eichwald, 1865. Цей паратаксон, як показала ревізія, виконана О. С. Вяловим [Vyalov 1964], є синонімом нірок декапод *Ophiomorpha nodosa* Lundgren, 1891. Пізніше [Vyalov 1966], *Cylindrites tuberculosus* було віднесено до іхнороду *Ophiomorpha* і, відтак, нова назва мала наступний вигляд: *Ophiomorpha tuberculosa* (Eichwald, 1865). Оскільки назва *Cylindrites tuberculosus* є маловідомою, то правило пріоритету на неї не поширюється, проте виділення нового іхновиду О. С. Вяловим навряд чи було виправданим, що і продемонстрували подальші ревізії (наприклад, [Frey et al. 1978]).

М. М. Ключніков [Klyushnikov 1953] повідомляє про знахідку в глауконітових пісках околиць с. Осинове поблизу смт Новопокровськ своєрідних кременистих стяжін, визначених значно раніше Б. К. Ліхачевим [Likharev 1914] як «водорості *Taonurus*» (=іхнофосилії *Zoophycos*). Така інтерпретація цих утворень є, вочевидь, неправильною, оскільки зоофікоси — це шпрейтові структури, що представлені на поверхнях нашарування дугоподібними лопатями; у вертикальних стінках порід вони мають вигляд тривимірних систем нірок, що нагадують за формою шнек.

Цікавим є повідомлення С. А. Мороза [Moroz 1974] щодо присутності у відкладах так званих ковсузьких верств (канівська або бучацька світи — див. нижче) «копрогенно-гастролітного матеріалу, представленого своєрідними відполірованими зернами кварцу, що утворюють лінзочки та прошарки» (переклад наш — В.Д., М.У.). У повідомленні С. А. Мороза, вірогідно, малися на увазі так звані гастроліти або шлункові камені — уламки гірської породи, які заковтують хребетні тварини, такі як крокодили, птахи та деякі ссавці з метою полегшення травлення, втамування мінерального голоду, підтримки нормальної мікрофлори кишечника, очистки шлунку тощо [Ochev et al. 2004; Wings 2007; 2012]. Зауважимо, що відрізнити гастроліт, знайдений поза скелетом тварини від гальки дуже складно. Для цього потрібні детальні дослідження, інколи навіть із залученням електронної мікроскопії та лазерів [Manley 1991; Schmeisser & Flood 2008]. Тому повідомлення С. А. Мороза не можна вважати достовірним.

С. А. Мороз та Е. Б. Савронь [Moroz & Savron 1975] побіжно згадують про знахідки нірок *Ophiomorpha nodosa* Lundgren, 1891 у пісках так званих хрестовських верств (бучацька світа) в кар'єрі біля ст. Збірна західніше Луганська. У цій же роботі також повідомляється про часті знахідки мінералізованої деревини з перфораціями молюсків *Teredolites* у пісках та пісковиках, що нині відносяться до бучацької світи [Moroz & Savron 1975]. На табл. 3 (фіг. 19) у цитованій вище роботі зображено фрагмент мінералізованої деревини з перфораціями та черепашками *Teredo modica* Deshayes, 1856, хоча останніх на вказаній ілюстрації не помітно.

Характерною особливістю пісків та пісковиків бучацької світи південного схилу Воронезької антеклизі є присутність мінералізованої деревини. Вона, на жаль, майже не вивчена. Н. Д. Борисяк [Borisyak 1867] цитує її під назвою «*Pinites Ucrainicus* Goepfert». М. Крендовський [Krendovsky 1880] зі «світлич пісків третинної формації» слободи Старобільськ (сучасне місто з однойменною назвою) та с. Розсош (сучасне с. Россош Воронезької області РФ) описав два її види — *Pinites pachtanus* Merklin, 1855 та *P. silesiacus* Goepfert, 1850. Значно пізніше викопну деревину з Ікового та Осинового визначали, без достатніх на це підстав, як *Cedroxylon* і *Cupressinoxylon* [Krasnov 1911; Moroz & Savron 1975].

Викопна деревина з околиць Новопокровська користується попитом серед колекціонерів. Саме завдяки їхній діяльності стало відомо, що ці ксиліти вміщують перфорації, вироблені

комахами. Наразі необхідна палеонтологічна ревізія мінералізованої деревини¹ з буцацької світи окраїн ДСС з метою поліпшення регіональної стратиграфії та палеогеографії, а також для деталізації систематики і уточнення анатомії викопних рослин, бо, як відомо, заміщена опалом деревина, з-поміж інших силіцизованих ксилолітів, найкраще передає структурні особливості тканин [Buurman 1972].

В одній із робіт другого автора цієї статті [Udovychenko 2009] повідомляється про знахідку в пісках розрізу Ікове поблизу Новопискова фрагментів шкаралупи пташиних яєць. Зауважимо, що розріз Ікове є одним з небагатьох місцезнаходжень скелетних решток еоценових птахів у Східній Європі [Zvonok *et al.* 2012; Mayr & Zvonok 2011; Mayr *et al.* 2013]. У роботі [Zvonok *et al.* 2012: Рис. 3] з цього розрізу зображено невизначені сліди біоерозії на кістці черепахи, що мають певну схожість зі слідами на панцирах ранньокрейдових черепах з Ферганської депресії (Киргизстан), описані О. С.Вяловим та Л. О. Несовим (Vyalov & Nesson 1974) під назвою *Sulculites bellus* Vyalov et Nesson, 1974. Цими свідченнями вичерпуються дані щодо палеогенових іхнофосилій Луганщини.

Метою цієї роботи є дослідження іхнофосилій з відкладів буцацької світи Луганської області та визначення їхнього палеогеографічного потенціалу.

Матеріал та методика

В основу цієї роботи покладено результати вивчення іхнофосилій із семи розрізів відкладів буцацької світи північної окраїни ДСС (Луганська область). Польові дослідження виконувалися переважно другим автором протягом останніх тридцяти років. В 2012–2014 рр. ці розрізи було обстежено авторами спільно.

Нами застосовувалась традиційна методика палеоіхнологічних досліджень, що детально описана в роботі [Mikuláš & Dronov 2006]. У багатьох випадках нам не вдалося відібрати зразки іхнофосилій, бо вони зазвичай є частиною сипучих пісків. У такому разі автори виконували фотофіксацію слідів життєдіяльності та робили польовий опис іхнофосилій *in situ*. Зауважимо, що така обставина є типовою в практиці палеоіхнологічних та седиментологічних досліджень. Деякі зібрані іхнофосилії зберігаються в Геологічному музеї Луганського національного університету імені Тараса Шевченка (Полтава) та особистих колекціях авторів.

У статті використовуються деякі специфічні терміни (наприклад, вудграунд, лог-граунд тощо), які є транслітерацією англomовних понять. Оскільки в українській мові для них немає відповідників, ми пропонуємо використовувати їх за аналогією з іншою транслітерованою англomовною геологічною термінологією (наприклад, мікрофації карбонатних порід, виділені Джеймсом Вілсоном [Wilson 1980]). Визначення цих понять представлено в тексті статті.

При описі іхнофосилій нами не наводиться їхня синоніміка. Більшість досліджених слідів життєдіяльності є дуже старими паратаксонами, що описані в багатьох роботах і складання списків синонімічних назв було б занадто складним завданням. Крім того, суттєвих протиріч у розумінні обсягів описаних іхнотаксонів у фахівців немає (за деякими невеликими виключеннями), тож це додатково обґрунтовує недоцільність складання громіздких переліків синонімічних назв.

Стратиграфія

Відклади буцацького регіорусу (Рис. 1 а), якому відповідає буцацька світа [Zosimovich & Shevchenko 2015], значно поширені на окраїнах ДСС, особливо в басейнах рік Красна, Айдар, Євсуг, Деркул та Глибока [Kaptarenko-Chernousova & Lutskiy 1963]. Тут ці відклади зазвичай

¹ У цій статті ми використовуємо поняття «заміщення деревини мінералом» і «мінералізація», хоча як було показано Буурманом [Buurman 1972], заміщення (Replacement) та мінералізація (Permineralization) — це два різні процеси, що ведуть до перетворення деревини в ксилоліт. Різниця між ними полягає в тому, що в результаті мінералізації в ксилоліті залишаються рештки первинної органічної речовини.

залягають на утвореннях канівського регіоярису або на розмитій поверхні верхньокрейдових мергелів [Kaptarenko-Chernousova & Lutskiy 1963]. Базальний галечник буцацької світи часто містить фосфатизовані рештки верхньокрейдової та палеоценової фауни [Lutskiy 1963; Dernov & Udovychenko 2016]. Перекривається буцацька світа відкладами київської та сергіївської світи [Zosimovich & Shevchenko 2015].

Буцацька світа складена переважно світлими (сірими, жовтими та жовтуватими-сірими) дрібно- та середньозернистими кварцовими та глауконітово-кварцовими, горизонтально- та кошошаруватими пісками з прошарками зелених глин та алевроїтів, а також лінзами гравію та брилами кварцитоподібних пісковиків. У пісках і пісковиках інколи трапляються фрагменти петрифікованої деревини, відбитки листової флори та ядра черепашок молюсків (район сс. Осинове, Киселівка та Луб'янка) [Klyushnikov 1953; Kaptarenko-Chernousova & Lutskiy 1963; Blank & Zelinskaya 1979; Zelinskaya 1983; Zosimovich & Shevchenko 2015]. Товщина буцацької світи коливається від декількох метрів до 30 м, а інколи (сс. Кружилівка та Осинове) досягає 45–50 м [Kaptarenko-Chernousova & Lutskiy 1963; Zosimovich & Shevchenko 2015]. З наближенням до масивів кам'яновугільних порід, наприклад в районі ст. Родакове поблизу Луганська, описані піски з короваями зливних пісковиків заміщуються різнозернистими кварцовими каолінізованими пісками, товщиною 6–8 м [Kaptarenko-Chernousova & Lutskiy 1963; Lutskiy 1963].

Лютецький вік відкладів буцацької світи північних окраїн ДСС підтверджується присутністю в них лютецького комплексу молюсків [Makarenko & Zelinskaya 1982; Zelinskaya 1983; Zubkovich 1985] та хрящових риб [Udovychenko 2009, 2016, 2022]. У Стратиграфічній схемі палеогенових відкладів 1993 р. [Stratigraphic..., 1993] поділ «докиївських» відкладів на верстви здійснено згідно з поглядами на літостратиграфію палеогенових відкладів окраїн Донбасу С. А. Мороза, представлених у монографії [Moroz & Savron 1975]. Про її недоліки неодноразово повідомлялось у низці публікацій [Udovychenko 2009, 2016, 2019, 2021, 2022]. За результатами вивчення комплексів акулових риб та кореляції розрізів «докиївських» відкладів території досліджень другий автор [Udovychenko 2016, 2021] дійшов висновку, що буцацькій світі відповідають збірнайські (сборнайські), хрестовські, білоріченські і новопсковські верстви Стратиграфічної схеми палеогенових відкладів 1993 р. [Stratigraphic..., 1993]. Що ж до ковсузьких верств, то, на нашу думку, їх слід відносити до канівської світи, як вважав М. М. Ключніков [Klyushnikov 1953], а не до буцацької, як пропонується в роботі [Zosimovich & Shevchenko 2015].

В середньому еоцені порівняно мілководні морські басейни в межах України займали Дніпровсько-Донецьку западину, південний схил Воронезької антеклізи, Причорноморську западину, Кримську та Карпатську складчасту області; в локальних депресіях Українського щита в лютецький вік накопичувалися континентальні відклади (див. рис. 1 б–с). На території сучасного Сходу України мілководне море вкривало північні окраїни ДСС, в той час як безпосередньо ДСС була областю денудації (див. рис. 1 с).

Вивчені розрізи

У процесі польових досліджень вивчено сім розрізів відкладів буцацької світи (рис. 2), розташованих на північній окраїні ДСС Північноукраїнської палеоседиментаційної провінції [Zosimovich & Shevchenko 2015: Figs 1, 3]. Нижче представлено коротку характеристику вивчених розрізів.

(1) Ікове: Луганська область, Старобільський район, піщаний кар'єр в 1 км західніше с. Ікове (49°31'46.1»N 39°04'11.5»E). Розріз Ікове детально описаний в роботах одного із авторів [Udovychenko 2009, 2016, 2019]. Вік піщаної товщі цього розрізу за результатами вивчення хрящових риб [Udovychenko 2009, 2016, 2019] визначено як ранньолютецький (середній еоцен); лютецьким віком датується так звана «осинівська малакофауна» (див. нижче) з пісковиків розташованого трохи північніше розрізу Осинове [Blank & Zelinskaya 1979; Makarenko & Zelinskaya 1982; Zelinskaya 1983].

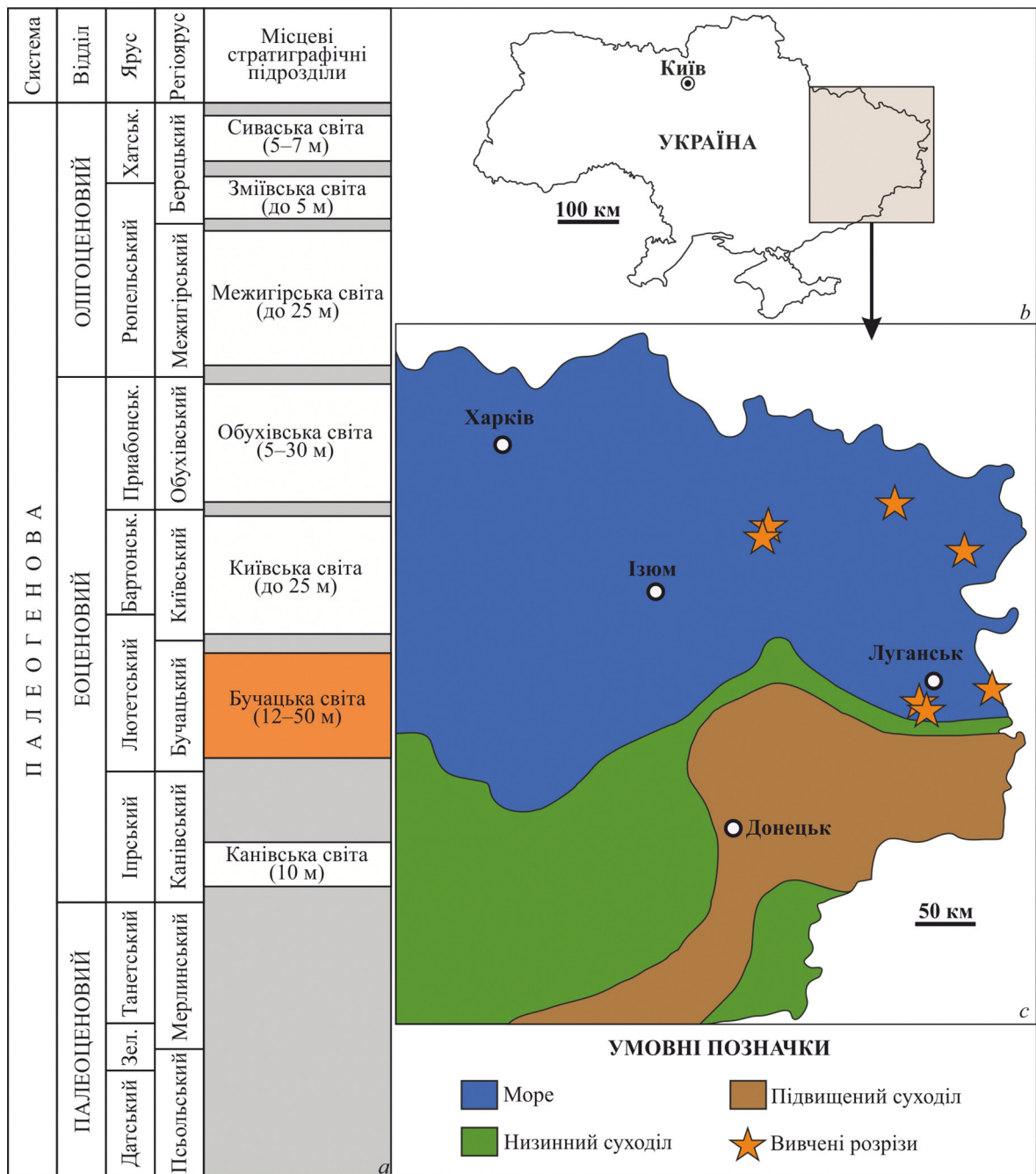


Рис. 1. Стратиграфія та палеогеографія палеогену Сходу України: (а) стратиграфічна схема палеогенових відкладів північної окраїни ДСС та стратиграфічне положення бучацької світи (виділена помаранчевим кольором) (складено за даними роботи [Zosimovich & Shevchenko 2015: Tables 1, 2]); (b, c) палеогеографічна карта Сходу України в середньому еоцені (за даними [Syabryai et al. in Syabryai 1963: Fig. 68] зі змінами). Скорочення: Зел. — зеландський, Бартонськ. — бартонський, Приабонськ. — приабонський, Хатськ. — хатський.

Fig. 1. Paleogene stratigraphy and palaeogeography of eastern Ukraine: (a) Paleogene stratigraphy of the northern periphery of the Donets Folded Structure and stratigraphic position of the Buchak Formation (marked by orange) (after [Zosimovich & Shevchenko 2015: Tables 1, 2]); (b, c) palaeogeographic map of eastern Ukraine in the Middle Eocene (after [Syabryai et al. in Syabryai 1963: Fig. 68] with changes). Abbreviations: Зел.— Selandian, Бартонськ.—Bartonian, Приабонськ.—Priabonian, Хатськ.— Chattian.



Рис. 2. Географічне розташування вивчених розрізів буцацької світи. Геологічну карту взято з роботи [Luhansk Oblast 2004].

Fig. 2. Geographic location of the studied sections of the Buchak Formation (modified from [Luhansk Oblast 2004]).

Буцацька світа в розрізі Ікове представлена товщею світлих кварцових горизонтально- та косошаруватих, переважно дрібнозернистих пісків (рис. 3 *d*, рис. 4 *a*) з гравійними та галечниковими лінзами; в найвищій частині товщі з'являються прошарки кременистих пісковиків. Ці піски трансгресивно залягають на верхньокрейдових білих мергелях. Товщина піщаної товщі складає близько 13,5 м. У 200-х м західніше розрізу Ікове, в невеликому кар'єрі верхня частина описаних вище пісків заміщується дуже міцними кварцитоподібними пісковиками (див. рис. 4 *c*), які утворюють масив ізометричної в плані форми, діаметром близько 200 м. Ці пісковики вміщують фрагменти деревини, мінералізованої опалом та халцедоном [Kosmachev 1977, 1981] (див. рис. 4 *e*). Пагорби, складені кварцитоподібними пісковиками згадуються багатьма дослідниками, які проводили дослідження в районі Осинового (наприклад, [Palibin 1908; Zubkovich 1985] тощо).

У пісках та пісковиках розрізу Ікове нами знайдено нірки десятиногих ракоподібних *Ophiomorpha nodosa* Lundgren, 1891, а також сліди існування всередині осаду *Palaeophycus* isp.

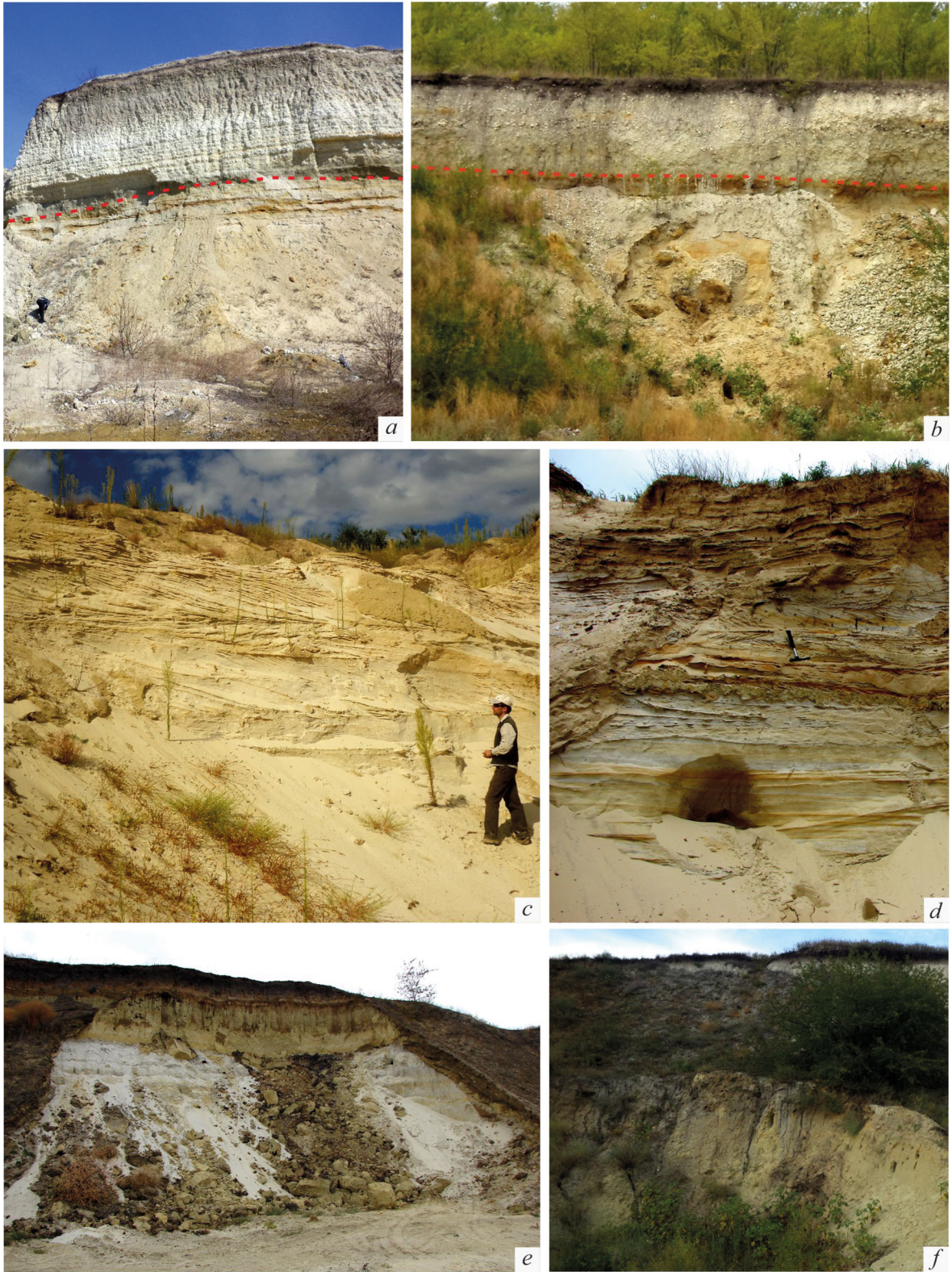


Рис. 3. Загальний вигляд деяких вивчених розрізів: (а) Георгіївка; (б) Розкішне; (с) Хорошилове; (д) Ікове; (е) Ковалівка; (ф) Бараниківка. Пунктирною лінією показано межу бучацької та київської світ.

Fig. 3. General view of some studied sections: (a) Heorhiyivka; (b) Rozkishne; (c) Khoroshylove; (d) Ikove; (e) Kovalivka; (f) Baranykivka. The dashed line marks the contact between the Buchak and Kyiv formations.

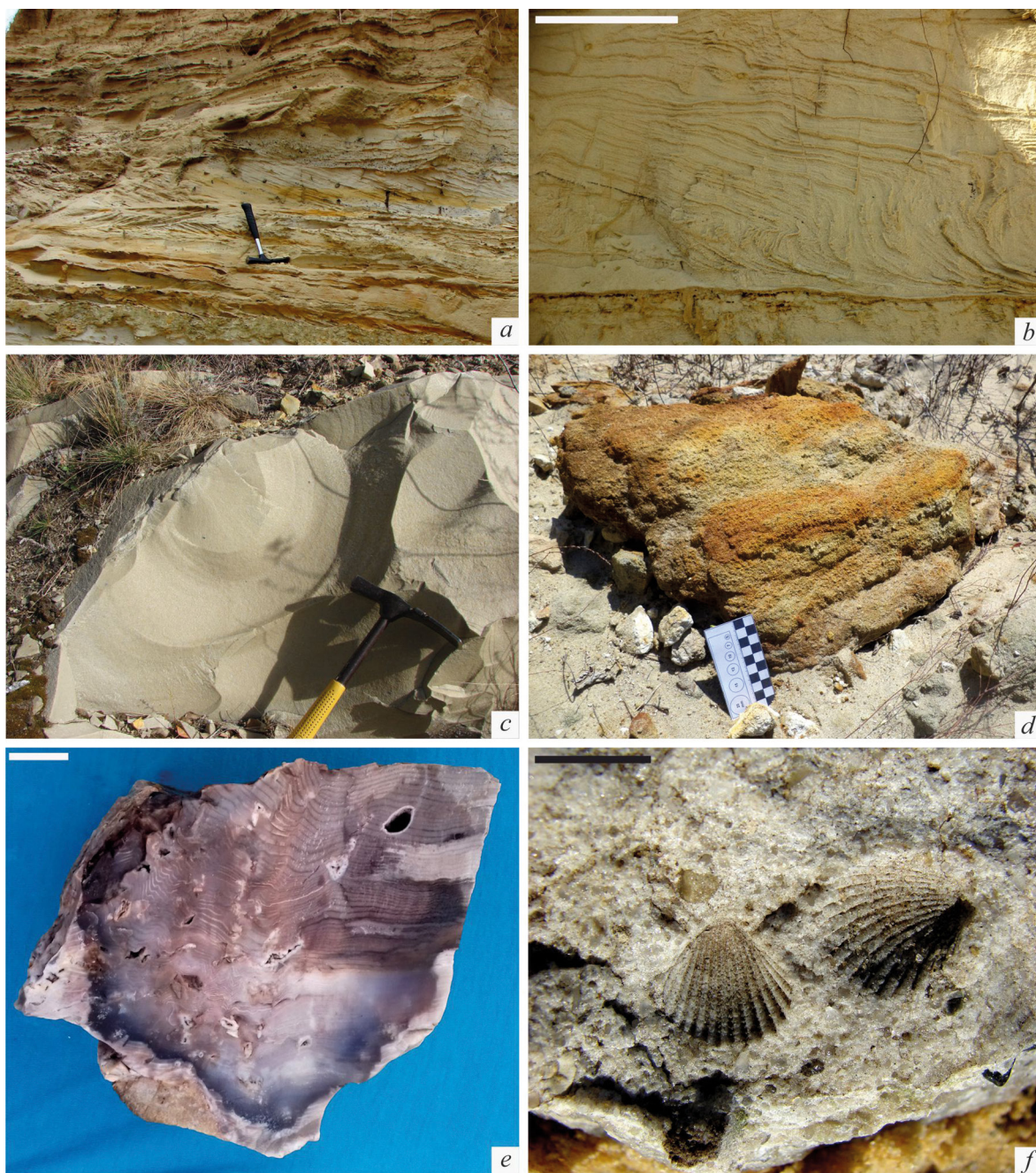


Рис. 4. Деякі літологічні та палеонтологічні особливості відкладів буцацької світи Луганщини: (а, б) коса шаруватість пісків (а—Ікове, б—Хорошилове); (с) кварцитоподібні пісковики, що латерально заміщують піски (Ікове); (д) конкреція глауконітового пісковика з пісків (Георгіївка); (е) мінералізована деревина (Ікове); (ф) відбитки черепашок бівальвій (Ікове). Масштабні відрізки — 20 мм (рис. е, ф) та 500 мм (рис. б).

Fig. 4. Some lithological and palaeontological features of the Buchak Formation in Luhansk Oblast: (a, b) cross-bedded sands (a—Ikove, b—Khoroshylove); (c) quartzite-like sandstone laterally replaced by sands (Ikove); (d) concretion of glauconite sandstone in the sands (Heorhiyivka); (e) mineralized wood (Ikove); (f) bivalve shell impressions (Ikove). Scale bars—20 mm (e, f) and 500 mm (b).

і нірки харчування *Macaronichnus segregatis* Clifton et Thompson, 1978. У кременевій гальці базальної частини піщаної товщі часто трапляються перфорації двостулкових молюсків *Gastrochaenolites* isp.; у деяких цих отворах знайдено рештки черепашок пелеципод, які є продуцентами зазначених іхнофосилій. Заміщена опалом деревина з кварцитоподібних пісковиків та пісків часто несе перфорації двостулкових молюсків *Apctoichnus longissimus* (Kelly et Bromley, 1984). У цих же пісковиках знайдено невеликі еліпсоїдальні тіла зі спіральним візерунком на поперечному зламі (рис. 5), що дуже нагадує спіральну структуру копролітів риб, переважно хрящових.

Розріз Ікове є одним з ключових для датування та розчленування піщаної товщі так званого «докиївського» палеогену південного схилу Воронезького кристалічного масиву. Піщані відклади буцацької світи району сс. Ікове та Осинове відомі в спільноті фахівців завдяки присутності в них решток молюсків (див. рис. 4 f) — так званої «осинівської малакофауни» [Sokolov 1903; Grygorovich-Berezovsky 1937; Muromcev 1951; Klyushnikov 1960; Makarenko & Zelinskaya 1982 та ін.]. Вона має велике стратиграфічне значення, оскільки морські відклади буцацької світи окраїн ДСС охарактеризовано макрофауною недостатньо. Відслонення міцних кварцитоподібних пісковиків з галькою, які інколи латерально заміщують верхню частину світлих пісків буцацької світи поблизу с. Осинове мають статус палеонтологічної пам'ятки природи місцевого значення [Arapov *et al.* 2013]. На жаль, охоронний знак встановлено не в тому місці, звідки походить «осинівська малакофауна».

У роботі А. М. Краснова [Krasnov 1911] з міцних кварцитоподібних пісковиків району с. Осинове описано листову флору, місцезнаходження якої було вперше детально вивчено ще у другій половині XIX ст. професором Харківського університету Н. Д. Борисяком [Borisyak 1867; Palibin 1901]. Ще раніше з пісковиків Осинового рештки рослини *Daphnogene excellens* Eichwald, 1865 (= *Macclintockia basinervis* (Rossmässler, 1840) Knobloch, 1963) зобразив Е. І. Ейхвальд [Eichwald, 1865–1868: pl. 3, fig. 17], а згадку про *Daphnogene coriacea* Saporta, 1862 розмістив у своїй роботі Н. Д. Борисяк [Borisyak 1867]. Судячи із загальної морфології решток, вид *Daphnogene excellens* є синонімом *Cocculus kanei* Heer, 1882 [Stanislavskiy 1956; Bozukov & Ivanov 2022] рештки якого з Осинового зобразив А. М. Краснов [Krasnov 1911: p. 73].

Вік цієї флори А. М. Краснов визначав то як палеоценовий [Krasnov 1911], то як еоценовий [Likharev 1914]. І. В. Палібін [Palibin 1908], опираючись на визначення систематичної належності та стратиграфічного поширення представників «осинівської малакофауни», виконав А. Д. Архангельським, вперше довів еоценовий вік викопної флори з осинівських пісковиків. Як було зазначено вище, анатомічну будову мінералізованої деревини з околиць Осинового вивчив М. Крендовський [Krendovsky 1880]. Результати вивчення опалу, з якого складається переважна частина ксилолітів з Осинового, представлені в невеликій роботі В. Г. Космачова [Kosmachev 1981].

Піски місцезнаходження Ікове вміщують численні та різноманітні рештки хребетних, серед яких присутні кісткові [Bratishko 2011; Zvonok *et al.* 2012] та хрящові риби [Udovychenko 2009; Zvonok *et al.* 2012], крокодили [Zvonok *et al.* 2012; Kuzmin & Zvonok 2021], черепахи [Zvonok *et al.* 2012; Danilov *et al.* 2011] і птахи [Zvonok *et al.* 2012; Mayr & Zvonok 2011; Mayr *et al.* 2013]. Наразі Ікове є найбагатшим місцезнаходженням палеогенових вищих хребетних у Східній



Рис. 5. Поперечний злам копроліту(?) хрящової риби (Ікове) з пісковиків буцацької світи розрізу Ікове. Масштабний відрізок — 20 мм.

Fig. 5. Broken shark coprolite(?) from sandstones of the Buchak Formation (Ikovе section). Scale bar—20 mm.

Європі [Kuzmin & Zvonok 2021]. На жаль, воно не має статусу палеонтологічної пам'ятки природи і, відтак, перебуває під загрозою знищення як природними процесами, так і внаслідок людської діяльності.

(2) **Сватове:** Луганська область, Сватівський район, піщаний кар'єр в 0,3 км західніше м. Сватове (49°24'53.0»N 38°07'21.2»E). Тут на розмитій нерівній поверхні верхньокрейдових білих мергелів залягає товща жовтих та помаранчевих пісків бучацької світи. Поверхня мергелів несе досить великі перфорації молюсків *Gastrochaenolites* isp. та нірки декапод *Spongiomorpha* isp. в яких збереглися від розмиву зелені дрібнозернисті піски, товщиною не більше 0,02–0,05 м (канівська світа — ?). Вище залягає базальний галечник бучацької світи, який складається переважно з фосфатизованих ядер верхньокрейдових та палеоценових пелеципод, гастропод, наутілід *Pseudocenoceras warsanofievie* Shimansky, 1951 [Dernov & Udovychenko 2016], амонітів та уламків роствів белемноїдей, кісток морських рептилій та зубів акул. Ще вище залягає пачка сірувато-зелених та жовтих різнозернистих пісків (7 м) з нірками *Ophiomorpha nodosa* Lundgren, 1891, прошарками гравію та рідкісними стяжіннями пісковика. Перекривається ця товща дрібнозернистим карбонатним піском (0,6 м) з фосфоритами та лютецьким комплексом еласмобранхій (*Hexanchus agassizi* Cappetta, *Striatolamia macrota* (Agassiz), *Carcharias* sp., *Otodus* (*Carcharocles*) *auriculatus* (Blainville), *Isurolamna* sp., *Macrorhizodus praecursor* (Leriche), *Physogaleus* sp. та *Raja* sp.), а також фрагментами черепашок молюсків, в тому числі бівальвій *Spondylus* та *Chlamys*. Ці піски є базальним шаром київської світи.

Характерною особливістю цього розрізу є присутність на поверхні верхньокрейдових мергелів досить великих перфорацій *Gastrochaenolites* isp., які виникли, однак, в доканівський чи канівський час. Крім того, деякі фосфоритові ядра молюсків з базального шару бучацької світи несуть сліди біоерозії, які поки що не вивчені.

(3) **Ковалівка:** Луганська область, Сватівський район, невеликий кар'єр біля с. Ковалівка (49°20'54.3»N 38°00'51.3»E). Тут фрагментарно розкрита товща світлих пісків (див. рис. 3 е) з їхнофосиліями *Ophiomorpha nodosa* Lundgren, 1891, а також невизначеними біотурбаціями, можливо *Macaronichnus segregatis* Clifton et Thompson, 1978.

(4) **Бараниківка:** Луганська область, Старобільський район, невеликий кар'єр в 2 км західніше с. Бараниківка (49°08'29.2»N 39°48'19.7»E). У цьому кар'єрі відслонюється товща жовтих, жовтувато-сірих та помаранчевих дрібнозернистих пісків з коржами лімонізованого пісковика (див. рис. 3 ф) та нірками *Ophiomorpha nodosa* Lundgren, 1891. Товщина пісків бучацької світи складає близько 7–8 м. Вище них залягають світлі піски київської світи (0,3 м) з фосфоритами, єдиним зубом акули *Hexanchus agassizi* Cappetta та ядрами нірок *Thalassinoides* isp., що складаються з фосфатизованого пісковика. Основна частина цих нірок розташована в пісках бучацької світи, проте їхні устя відкривається на поверхню її контакту із київською світою. В одній із нірок знайдено фрагмент досить великої фосфатизованої ноги невизначеного десятиногого рака. Ще вище залягають брудно-сірі піщанисті мергелі з нірками *Thalassinoides*, рідкісними дрібними фосфоритами та фрагментами черепашок спондиліусів.

На ґрунтовій дорозі, що веде в цей кар'єр із с. Бараниківка, фрагментарно відслонюється базальний галечник палеогену (0,2 м), складений галькою кварцу, піщанистого фосфориту та кременю з домішкою дрібнозернистого зеленувато-сірого глауконітового піску. Трапляються фосфатизовані ядра бівальвій та наутілід. Недалеко від кар'єру, на вершинах невеликих пагорбів розкривається поверхня контакту верхньокрейдових мергелів та відкладів бучацької світи; перша несе перфорації *Gastrochaenolites* isp.

(5) **Хорошилове:** Луганська область, Сорокинський район, піщаний кар'єр в 0,5 км західніше с. Хорошилове (48°33'53.5»N 39°44'52.4»E). Розріз бучацької світи тут представлено жовтими та жовтувато-сірими дрібнозернистими косошаруватими пісками (див. рис. 3 с та рис. 4 б) з розсіяною галькою та дрібними конкреціями сірого кременистого пісковика і дуже рідкісними фрагментами мінералізованої деревини. Видима товщина піщаної товщі складає

близько 6 м. Залягає вона з розмивом на білих мергелях верхньої крейди, а перекривається — відкладами київської світи.

У пісках цього розрізу знайдено нірки ракоподібних *Ophiomorpha nodosa* Lundgren, 1891, нірки червів *Macaronichnus segregatis* Clifton et Thompson, 1978 та нірки анемон, пелеципод чи гастропод cf. *Conichnus* isp. Розсіяна галька серед пісків нижньої частини товщі несе сліди біоерозії, в тому числі *Gastrochaenolites* isp.

(6) Розкішне: Луганська область, Луганський район, піщаний кар'єр в 0,8 км на південний захід від окраїни с. Розкішне (48°27'14.8»N 39°15'06.0»E). Тут на розмитій поверхні верхньокампанських мергелів залягає товща світлих дрібнозернистих пісків (див. рис. 3 б) з малопо-тужним (0,1 м) базальним галечником. У нижній частині пісків знайдено лютецький комплекс хрящових риб, який складається зі *Striatolamia macrota* (Agassiz), *S. sp.*, *Carcharias sp.*, *Jaekelotodus robustus* (Leriche), *Macrorhizodus praecursor* (Leriche) та *Otodus (Carcharocles) auriculatus* (Blainville) [Udovychenko 2016]. Локально в невеликих поглибленнях поверхні верхньокрейдових порід збереглися від розмиву зеленувато-сірі кварцово-глауконітові піски, товщиною не більше 0,1 м [Udovychenko 2019], які умовно віднесено до канівської світи.

У балці Коноплянівка, що розташована приблизно в 4 км південніше розрізу Розкішне, відклади бучацької світи розмиті і тут київська світа залягає на відкладах нижнього маастрихту. У базальному галечнику палеогену трапляються перевідкладені зуби акул різного віку: кам'яновугільного, пізньокрейдового, палеоценового, ранньо- та середньоеоценового [Udovychenko 1997]. Слід зауважити, що кременева галька базального галечнику палеогену в балці Коноплянівка і в деяких розташованих поблизу розрізах (відслонення біля Яру Шатського неподалік ст. Грушка, ярки біля залізничного тунелю поблизу с. Верхня Оріхівка Луганського району та ін.) несе часті та морфологічно дуже різноманітні сліди біоерозії, що заслуговують спеціального дослідження. Зазначимо, що цей іхноценоз належить, ймовірно, до тріпанітової іхнофації.

Піски розрізу Розкішне вміщують іхнофосилії *Ophiomorpha nodosa* Lundgren, 1891, *Skolithos linearis* (Haldeman, 1840) та cf. *Rosselia* isp.

(7) Георгіївка: Луганська область, Луганський район, піщаний кар'єр в 3 км на схід-північний схід від смт Георгіївка (48°26'26.7»N 39°18'47.4»E). У цьому кар'єрі відслонюються світлі піски бучацької світи, товщиною 12 м, які перекриваються мергелями київської світи (див. рис. 3 а). Піщана товща бучацької світи залягає на розмитій поверхні верхньокрейдових мергелів, яка несе сліди біоерозії *Gastrochaenolites* isp. та *Gnathichnus* isp. Характерною особливістю цих пісків є присутність досить великих стяжін міцного глауконітового пісковика з чіткою концентричною структурою (див. рис. 4 d). Походження цих конкрецій поки що не з'ясоване. У пісках бучацької світи знайдено лімонітизовані нірки *Thalassinoides* isp.

Опис деяких іхнофосилій

Іхнорід *Ophiomorpha* Lundgren, 1891

Типовий іхновид: *Ophiomorpha nodosa* Lundgren, 1891; оригінальне визначення за монотипією.

Діагноз. Прості та складні системи нірок, стінка яких складається з грудочок. Внутрішня поверхня нірок більш-менш гладенька, зовнішня — від однорідної до вузлуватої. Окремі гранули чи грудочки, що складають стінку, можуть мати дископодібну, яйцевидну або неправильну форму. Характеристики вистілки стінки можуть варіювати в одного екземпляру нірки [Frey et al. 1978: р. 222; переклад наш — В.Д., М.У].

Іхновиди. Окрім типового іхновиду до іхнороду *Ophiomorpha* входять також *O. annulata* (Ksiazkiewicz, 1977); *O. beaumarisensis* Ter et Buckeridge, 2012; *O. borneensis* Keij, 1965; *O. irregulairae* Frey et al., 1978; *O. puerilis* de Gibert et al., 2006 та *O. rudis* (Ksiazkiewicz, 1977).

Зауваження. Склад та форма гранул, що складають стінку нірок *Ophiomorpha* (так звана «офіоморфна скульптура» [Vyalov 1966, 1989]), є ключовими діагностичними ознаками, які дозволяють розрізняти окремі їхновиди офіоморф. Багато дослідників звертають увагу на морфологічну подібність нірок ракоподібних *Ophiomorpha* Lundgren, 1891, *Spongiomorpha* Saporta, 1887 і *Thalassinoides* Ehrenberg, 1944; деякі з них [Fürsich 1973; Schlirf 2000] вважають, що морфологічні відмінності між *Spongiomorpha*, *Ophiomorpha* і *Thalassinoides* є незначними і пропонують вважати останні два їхнороди молодшими синонімами першого. На думку цих дослідників, виникнення нірок конкретної морфології, а відтак і паратаксономічної належності, контролюється щільністю субстратів: у м'яких нестабільних донних мулах ракоподібні будують нірки *Ophiomorpha*, у м'яких стабільних — *Thalassinoides*, а в ущільнених — *Spongiomorpha*. Ці погляди не набули визнання у фахівців, проте Ріндсберг [Rindsberg 2018] запропонував об'єднати ці їхнороди в неформальну групу «SOT» (*Spongiomorpha* + *Ophiomorpha* + *Thalassinoides*), до якої, на думку цитованого автора, слід віднести різні морфи систем нірок десятиногих ракоподібних.

Ключовими ознаками, що дозволяють відрізнити *Ophiomorpha* від *Spongiomorpha* та *Thalassinoides* є особливості скульптури зовнішньої стінки нірок: як вже було зазначено, у *Ophiomorpha* вона складається з гранул, стінки нірок *Spongiomorpha* несуть повздовжні валяки та гребені (сліди кінцівок продуцента нірки), а у *Thalassinoides* стінка гладенька.

Поширення. Перм–донині.

***Ophiomorpha nodosa* Lundgren, 1891**

Рис. 6 а–h та рис. 7 d

Матеріал. Вивчено багато екземплярів нірок *in situ*.

Діагноз. *Ophiomorpha* зі стінками, що складаються переважно з щільно та регулярно розміщених дископодібних, яйцевидних та багатограних гранул [Frey *et al.* 1978: p. 222; переклад наш — В.Д., М.У.].

Опис. Вертикальні, субвертикальні та горизонтальні циліндричні нірки існування, що складаються з кварцитоподібного пісковика чи піску з дещо більш інтенсивно зцементованою стінкою. Товщина стінок сягає 3–5 мм. Заповнення нірок однорідне; порода всередині нірок за літологічним складом не відрізняється від бічної породи. Поперечний переріз нірок — округлий або, значно рідше, дуже слабко еліптичний у горизонтальних нірок, які були трохи деформовані на стадії постседиментаційного ущільнення осаду. Діаметр нірок коливається від 15 до 30 мм, проте у одного екземпляру діаметр залишається більш-менш постійним протягом всієї довжини нірки. Довжина найповніших фрагментів сягає 400 мм (див. рис. 6 e). Стінка складається із субсферичних грудочок, діаметром 1–5 мм. Як зазначалося вище, стінка відрізняється кращою цементацією; інколи вона також відрізняється від бічної породи та осаду всередині нірки кольором (більш інтенсивним сірим забарвленням внаслідок більшого вмісту кремнезему або коричневою через присутність гідроксидів заліза). Фрагменти нірок, зазвичай, прямі і лише інколи слабко вигинаються. Офіоморфи трапляються у вигляді пошарових скупчень, які гарно помітні на старих, але не занадто, стінках кар'єру (див. рис. 6 a). Такі скупчення, ймовірно, поширені на ерозійних поверхнях.

Порівняння. *Ophiomorpha nodosa* відрізняється від *O. irregulairae* регулярним розташуванням та округлою формою гранул на зовнішній поверхні нірки (у *O. irregulairae* вони розміщені нерегулярно та мають конусоподібну форму). Описаний їхновид відрізняється від *O. borneensis* будовою стінки — у *O. borneensis* вона складається з гранул двох розмірних фракцій, більші з яких (4–5 мм у діаметрі) утворюють зовнішню частину стінки, а менші, діаметром 2 мм, — внутрішню. *Ophiomorpha nodosa* відрізняється від *O. puerilis* округлою і овальною формою гранул (у *O. puerilis* вони субциліндричні).

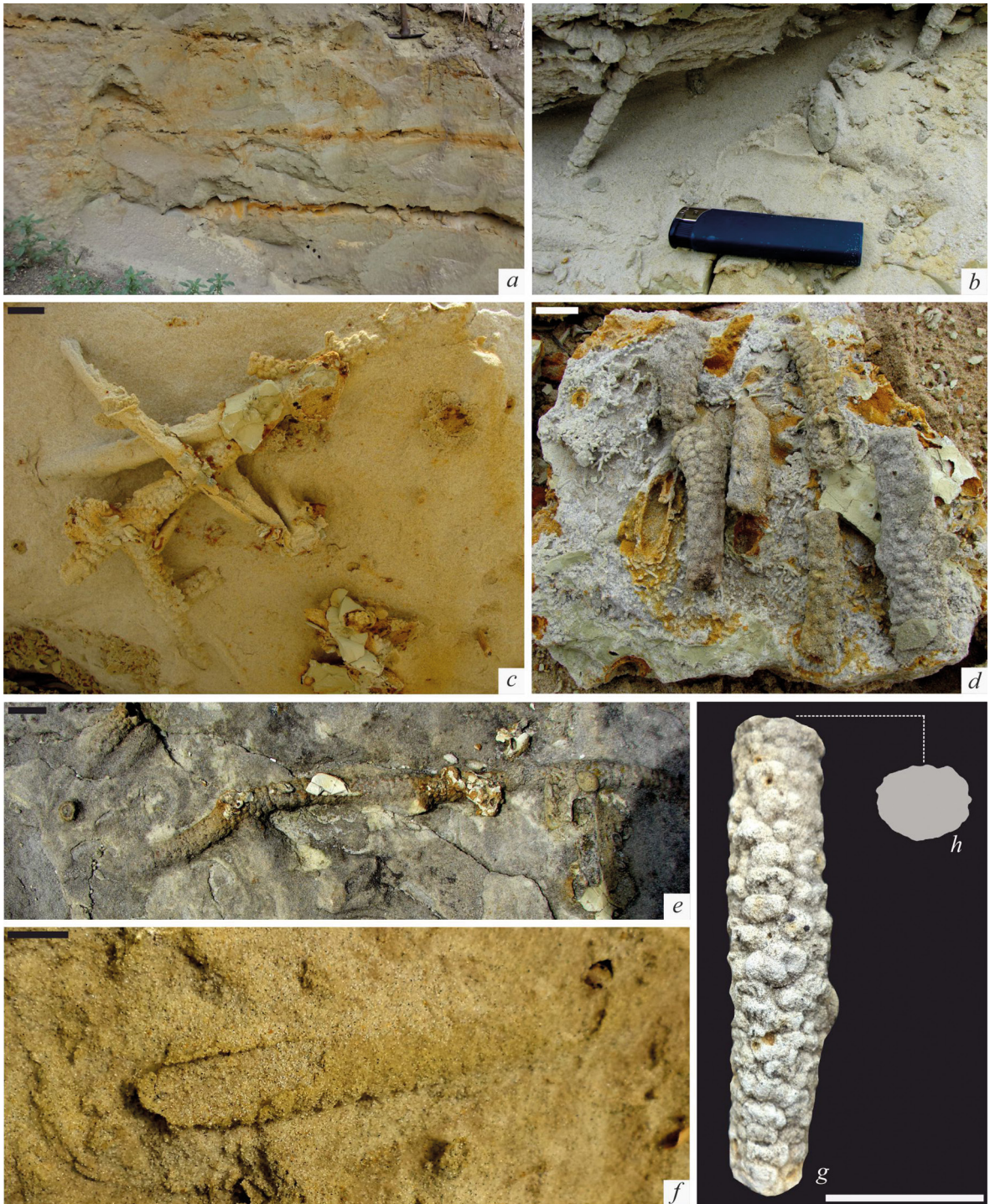


Рис. 6. Іхнофосилії *Ophiomorpha nodosa* Lundgren, 1891 з пісків та пісковиків буцацької світи Луганщини: (a) три прошарки з *Ophiomorpha nodosa*, що, вірогідно, маркують короточасні епізоди уповільнення седиментації (Розкішне); (b, c, e, f) *Ophiomorpha nodosa* в породі *in situ* (b, c, e — Ікове, f — Розкішне); (d) кілька фрагментів нірок *Ophiomorpha nodosa* (Ікове); (g, h) нірка *Ophiomorpha nodosa* збоку (g) та її поперечний переріз (h) (Ікове). Масштабні відрізки — 20 мм.

Fig. 6. Trace fossils *Ophiomorpha nodosa* Lundgren, 1891 from sands and sandstones of the Buchak Formation: (a) three interlayers with *Ophiomorpha nodosa* marked erosion surfaces (Rozkishne); (b, c, e, f) *Ophiomorpha nodosa* in situ (b, c, e — Ikove, f — Rozkishne); (d) several fragments of *Ophiomorpha nodosa* (Ikove); (g, h) *Ophiomorpha nodosa* lateral view (g) and its cross section (h) (Ikove). Scale bars—20 mm.

Зауваження. Іхнорід *Ophiomorpha* є одним з найкраще вивчених іхнотаксонів [Pedrol de Freitas *et al.* 2020]. За виключенням рідкісних знахідок нірок *Ophiomorpha* у порівняно глибоководних морських відкладах [Ksiazkiewicz 1977; Tchoumatchenco & Uchman 2001], цей іхнорід поширений переважно в пост-пермських мілководно-морських породах [Pedrol de Freitas *et al.* 2020]. На підставі значного поширення систем нір та окремих нірок *Ophiomorpha* в цих відкладах, вони розглядаються як індикатори прибережно-морських умов, хоча як вже повідомлялося, вони відомі також у відкладах глибоководних підводних конусів виносу і турбідитах [Tchoumatchenco & Uchman 2001; Wetzel *et al.* 2007; Cummings & Hodgson 2010] та навіть континентальних породах [Merrill 1984]. В палеогенових відкладах офіоморфи часто трапляються у складі нерейтової іхнофації підводних конусів виносу [Uchman 2001]. На цій підставі було запропоновано навіть виділити в межах цієї іхнофації субіхнофацію *Ophiomorpha rudis* [Uchman 2001].

Вірогідними продуцентами нірок *Ophiomorpha* є десятиногі ракоподібні [Frey *et al.* 1978; Tchoumatchenco & Uchman 2001; Wetzel *et al.* 2007; Cummings & Hodgson 2010; Pedrol de Freitas *et al.* 2020 та ін.]. Наразі, з палеогену північної окраїни Донбасу відома лише одна фауна декапод, що супроводжується монографічним описом та зображенням фосилій [Likharev 1917; Chernyshev 1949]. Л. І. Лутугін [Lutugin 1897] у базальних пісках київської світи в розрізі біля с. Кримське (сучасний Алчевський район, Луганська область) виявив рештки панцирів крабів, які згодом описав Б. К. Лихарев [Likharev 1917] під назвами *Zanthopsis lutugini* Likharev, 1917 (= *Harpactocarcinus lutugini* (Likharev, 1917)) та *Harpactocarcinus cf. macrodactylus* Milne-Edwards, 1850. Останню форму Б. І. Чернишов [Chernyshev 1949] за результатами ревізії відніс до виду *Harpactocarcinus punctulatus* (Desmarest, 1822).

У літературі є ще кілька повідомлень про знахідки решток крабів у палеогенових відкладах північної окраїни Донбасу. Наприклад, Б. К. Лихарев [Likharev 1914] повідомив про знахідку невизначеного короткохвостого рака в басейні р. Ковсуг; С. А. Мороз та Е. Б. Савронь [Moroz & Savron 1975] навели визначення краба *Zanthopsis leachi* (Desmarest, 1822) з піщаної товщі хрестовських верств.

Місцезнаходження. *Ophiomorpha nodosa* знайдена в пісках та пісковиках буцацької світи розрізів Ікове, Ковалівка, Бараниківка, Хорошилове та Розкішне.

Поширення. Нижня крейда–донині.

Іхнорід *Skolithos* Haldeman, 1840

Типовий іхновид: ?*Fucoides* (*Skolithos*) *linearis* Haldeman, 1840; оригінальне визначення за монотипією.

Діагноз. Вертикальні чи злегка похилі циліндричні та субциліндричні прямі або трохи зігнуті нірки з футеровкою; не розгалужуються, осад всередині нірки безструктурний; відношення довжини нірки до її діаметру має дуже великі значення² [Knaust *et al.* 2018: р. 21; переклад наш — В.Д., М.У.].

Іхновиди. Визначити склад цього іхнороду доволі складно. У результаті досить давньої ревізії [Alpert 1974] до *Skolithos* було віднесено чотири іхновиди: *S. annulatus* (Howell, 1957); *S. ingens* Howell, 1944; *S. magnus* Howell, 1944 та *S. verticalis* (Hall, 1843). Ще близько 20 іхновидів, описаних до 1974 року, було визнано невалідними (*nomina nuda*, молодші синоніми, псевдофосилії тощо).

На сьогодні, іхнорід *Skolithos* безсумнівно є «сміттєвим кошиком» — до нього без достатніх підстав віднесено вертикальні тоненькі нірки та подібні їм біотурбації, які створювали різні класи і типи тварин та навіть рослини [Knaust *et al.* 2018]. На даний час, визначити склад цього іхнороду не можна без ревізії всіх описаних під цією іхнородовою назвою іхнофосилій та близьких за морфологією та способом утворення біотурбацій.

² За нашими даними, йдеться про значення в десятках.

Зауваження. *Skolithos* відрізняється від найбільш морфологічно близького іхнороду *Monocraterion* Torell, 1870 відсутністю помітного лійкоподібного розширення устя нірки. Вертикальні нірки *Diplocraterion* (Torell, 1870) та *Arenicolites* Salter, 1857 також схожі на *Skolithos*, проте мають U-подібну форму та можуть мати лійкоподібне розширення устя.

Поширення. Кембрій–донині.

***Skolithos linearis* (Haldeman, 1840)**

Рис. 7 а, б

Матеріал. Вивчено багато екземплярів нірок *in situ*.

Діагноз. Нірки циліндричні до субциліндричних, ідеально прямі, вертикальні або злегка похилі, до метра завдовжки. Діаметр нірок коливається в межах 3–7 мм, інколи до 12 мм, проте в одного екземпляру діаметр є незмінним. Стінка може бути слабо вираженою [Alpert 1974: р. 663; Schlirf 2000: р. 152; переклад наш — В.Д., М.У.].

Опис. Дуже тоненькі (діаметр близько 3 мм) пасивні заповнення циліндричних вертикальних прямих нірок існування, складені піском (тому при вивітрюванні вони швидко руйнуються). Часто виділяються на світлому фоні пісків більш темним (помаранчевим або коричневим) забарвленням, обумовленим присутністю гідроксидів заліза на поверхні іхнофосилій. Структура нірок однорідна; порода матриксу та нірки не відрізняються за літологічним складом. Довжина найповніших фрагментів нірок складає не більше 40–45 мм.

Порівняння. Провести порівняння *Skolithos linearis* з іншими іхновидами не можна, оскільки лише для цього іхновиду наразі доведено валідність [Knaust *et al.* 2018].

Зауваження. Характерною особливістю нірок *Skolithos linearis* є їхня масова присутність (у вигляді окремих екземплярів ці сліди не трапляються). Скупчення сколітесів у пісках бучацької світи, вірогідно, відкриваються устями на ерозійні поверхні.

Іхнофосилії *Skolithos linearis* поширені як у континентальних, так і в мілководно-морських та порівняно глибоководних морських відкладах [Knaust *et al.* 2018]. Простота морфології та значне стратиграфічне поширення іхнороду *Skolithos* (кембрій–донині) не дозволяють однозначно визначити його продуцентів. Ними можуть бути поліхети, фороніди, пріапуліди, коралові поліпи, ракоподібні, голотурії, комахи, павуки, дрібні хребетні та навіть наземні рослини [Mikuláš & Dronov 2006; Gregory *et al.* 2006; Knaust *et al.* 2018 та ін.]. Найбільш поширеною та обґрунтованою є думка, згідно якої продуцентами викопних *Skolithos* були поліхети та фороніди [Mikuláš & Dronov 2006; Knaust *et al.* 2018]. З італійського узбережжя Середземного моря нещодавно були описані угруповання сабеллід (поліхети), які можуть виявитися сучасним аналогом асоціацій організмів-продуцентів нірок *Skolithos* [Baukon *et al.* 2023]. Проте, на відміну від викопних слідів *Skolithos*, угруповання згаданих вище сабеллід поширені на порівняно глибоководних ділянках шельфу (56–85 м), які не зазнають валиву вітрових хвиль.

Місцезнаходження. Нірки *Skolithos linearis* знайдені лише в пісках розрізу Розкішне, де вони, однак, є дуже рідкісними.

Поширення. Кембрій–донині.

Іхнорід *Arpectoichnus* Donovan, 2018

Типовий іхновид: *Teredolites longissimus* Kelly et Bromley, 1984; оригінальне визначення за монотипією.

Діагноз. Видовжені, прямі чи слабо звивисті, зазвичай округлі в поперечному перерізі тунелі в деревині; стінки тунелів гладенькі, можуть мати кальцитову вистілку поверхні. Тунелі орієнтовані переважно паралельно волокнам деревини. Діаметр тунелю зазвичай є незмінним. Трапляються поодинокі та групами [Donovan 2017: р. 96; emend. in Melnyk *et al.* 2020: р. 2; переклад наш — В.Д., М.У.].

Іхновиди. *A. lignumtasticans* Melnyk *et al.*, 2020; *A. longissimus* (Kelly et Bromley, 1984).

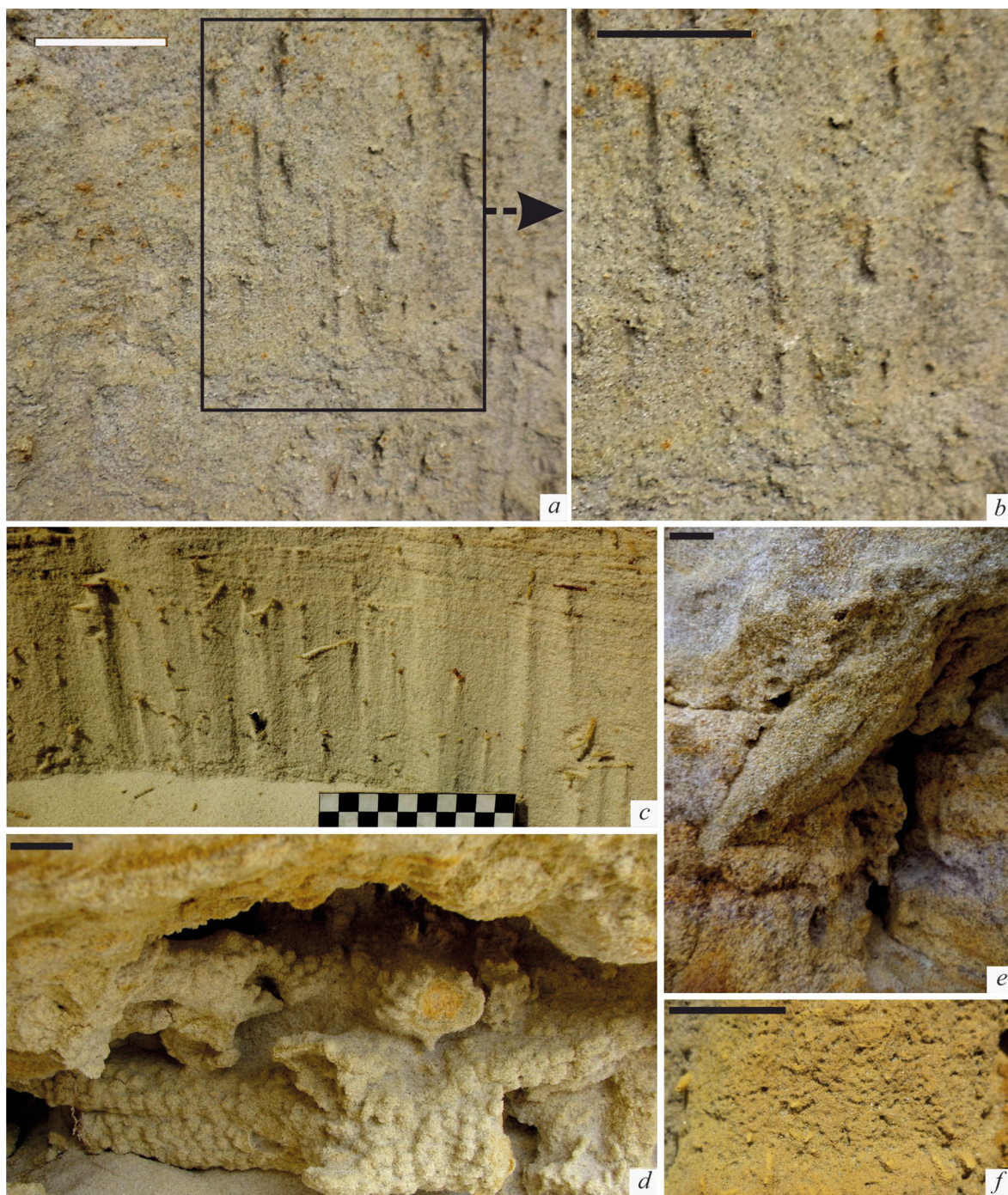


Рис. 7. Іхнофосилії з відкладів буцацької світи Луганщини: (a, b) нірки *Skolithos linearis* (Haldeman, 1840) у вертикальній стінці кар'єру (Розкішне); (c) нірки *Macaronichnus segregatis* Clifton et Thompson, 1978 у вивітрій стінці кар'єру (Хорошилове); (d) нірки *Ophiomorpha nodosa* Lundgren, 1891 *in situ* (Ковалівка); (e) нірка cf. *Rosselia* isp. у стінці кар'єру (Розкішне); (f) нірки *Macaronichnus segregatis* на поверхні конкреції глауконітового пісковика (Георгіївка). Масштабні відрізки — 20 мм.

Fig. 7. Trace fossils from the Buchak Formation of Luhansk Oblast: (a, b) burrows *Skolithos linearis* (Haldeman, 1840) in the vertical wall of the quarry (Rozkishne); (c) burrows *Macaronichnus segregatis* Clifton et Thompson, 1978 in the vertical wall of the quarry (Khoroshylove); (d) burrows *Ophiomorpha nodosa* Lundgren, 1891 *in situ* (Kovalivka); (e) burrow cf. *Rosselia* isp. in the quarry wall (Rozkishne); (f) burrows *Macaronichnus segregatis* on the surface of the sandstone concretion (Heorhiivka). Scale bars—20 mm.

Зауваження. Іхнорід *Apectoichnus* виокремлений зі складу старого і гарно вивченого іхнороду *Teredolites* Leymerie, 1842. Представники іхнороду *Apectoichnus* відрізняються від єдиного представника іхнороду *Teredolites* (*T. clavatus* Leymerie, 1842) видовженою та прямою формою тунелів (у *Teredolites* канали короткі, булавовидні). Для перфорацій *Teredolites clavatus* Leymerie, 1842 характерними ознаками є переважно перпендикулярна орієнтація відносно волокон деревини, відсутність кальцитової трубки, що вистилає перфорації зсередини (див. нижче) та менш, ніж п'ятикратне перевищення довжини перфорацій над їхнім діаметром.

Поширення. Юра–донині.

***Apectoichnus longissimus* (Kelly et Bromley, 1984)**

Рис. 8 а, б

Матеріал. Кілька фрагментів мінералізованої деревини з перфораціями *Apectoichnus*.

Діагноз. Видовжені, прямі чи слабко звивисті, зазвичай округлі в поперечному перерізі тунелі в деревині; стінки тунелів гладенькі, можуть мати кальцитовий шар на поверхні. Тунелі орієнтовані переважно паралельно волокнам деревини. Діаметр перфорацій окремого тунелю зазвичай є незмінним і перевищує 2 мм. Трапляються поодинокі та групами [Donovan 2017: р. 96; emend. Melnyk *et al.* 2020: р. 2; переклад наш — В.Д., М.У.].

Опис. Халцедонові та пісковикові ядра майже циліндричних видовжених перфорацій у деревині (плавнику та затоплених фрагментах стовбурів і великих гілок). Тунелі орієнтовані переважно паралельно волокнам деревини. Поперечний переріз ядер перфорацій (їхній діаметр складає 3–5 мм) округлий; вони, зазвичай прямі або дуже слабко вигинаються; сліпий кінець ядра ходу слабко заокруглений; поверхня ядер нірок гладенька. Довжина найповніших перфорацій складає близько 20–25 мм. Тунелі не розгалужуються. Перфорації трапляються дуже великими групами та інколи утворюють грона ядер ходів, які оголилися внаслідок руйнування мінералізованої деревини навколо них. Слідів кальцитової трубки всередині перфорацій не виявлено (див. нижче), проте, вірогідно, зовнішня поверхня ядер каналів у вивченій мінералізованій деревині є нічим іншим, як заміщеними халцедоном кальцитовими трубками. Довжина тунелю перевищує його діаметр більш ніж в'ятеро.

Порівняння. *Apectoichnus longissimus* відрізняється від *A. lignumasticans* більшим діаметром тунелів (у *A. lignumasticans* вони менше 2 мм) та меншим значенням відношення довжини тунелю до його діаметру (у *A. lignumasticans* діаметр тунелю принаймні в 10 разів менший за його довжину).

Зауваження. Екологічна група молюсків-деревооточців, які, як вважається є продуцентами перфорацій у деревині *Apectoichnus* і *Teredolites*, включає дві родини: Pholadidae і Teredinidae [Savrdá & Smith 1996; Pickerill *et al.* 2003]. Більшість тередінід, на відміну від фоладід, вистилають камери, вироблені в деревині, кальцитовими трубками [Pickerill *et al.* 2003]. Ці трубки гарантують молюску безпеку у випадку руйнування деревного субстрату і додатково захищають його тіло вцілому [Pickerill *et al.* 2003].

Є припущення, що фоладіди є переважно продуцентами слідів *Teredolites clavatus* Leymerie, 1842 [Savrdá & Smith 1996]. Ця точка зору обґрунтовується наступними особливостями екології цих бівальвів: (1) фоладіди є переважно фільтраторами, які нездатні перетравлювати целюлозу; (2) головною метою перфорування деревини фоладідами є створення укриття, в якому можна існувати; (3) камери в деревині, вироблені сучасними фоладідами порівняно короткі та перпендикулярно орієнтовані відносно поверхні субстрату, тобто морфологічно дуже близькі до *Teredolites clavatus* [Savrdá & Smith 1996].

Еванс [Evans 1999] вважає, що продуцентами *Teredolites clavatus* є молюски-свердлильники підродини Martesiinae Grant et Gale, 1931 (Pholadidae), із сучасних представників якої лише два роди виробляють тунелі у деревині: *Martesia* (поширений в морях тропічних та помірних широт) та *Lignopholas* (ареал обмежений тропічними солонуватими водами Південної і Центральної Америки та Індонезії) [Kříž & Mikulaš 2006].

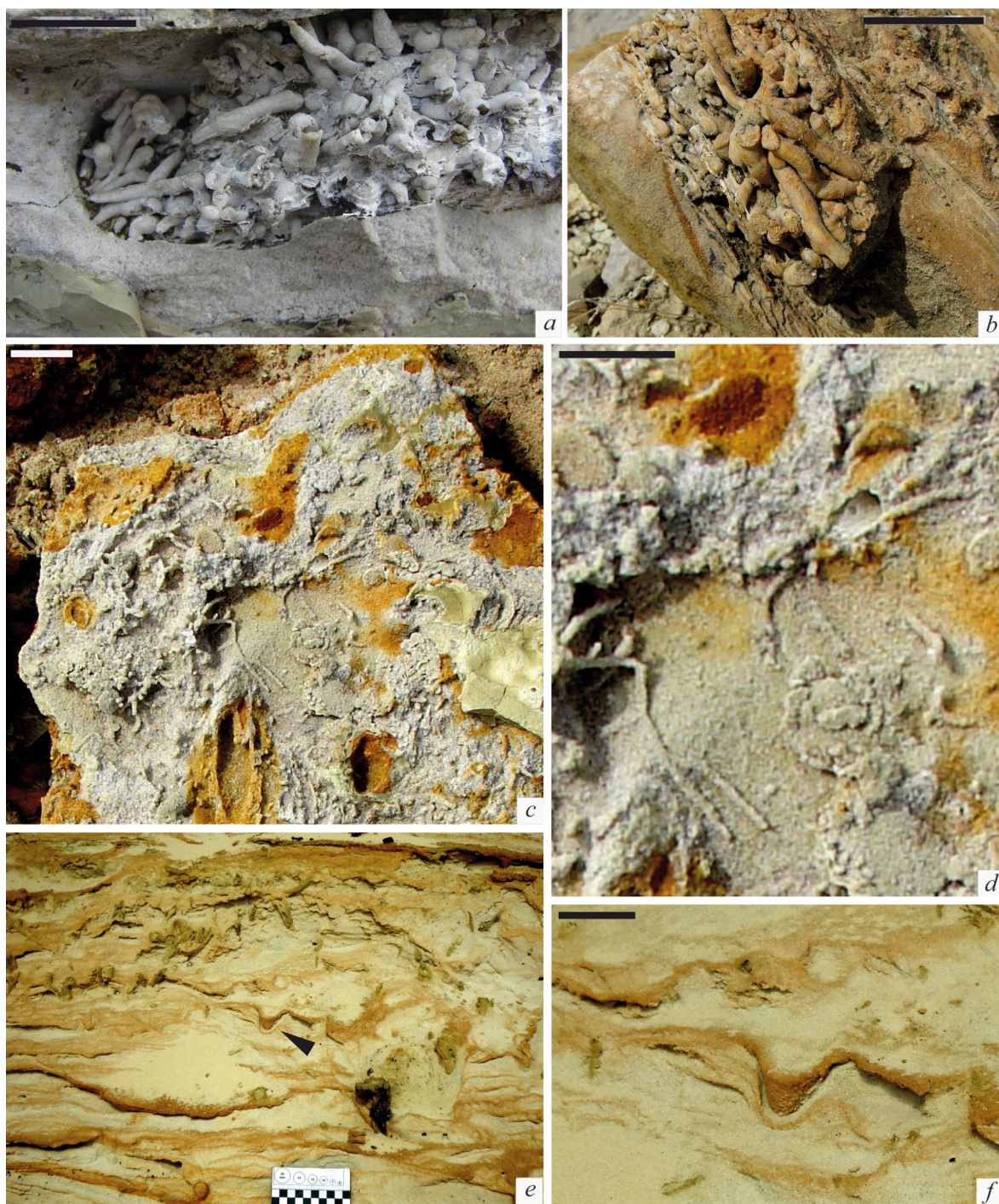


Рис. 8. Іхнофосилії з відкладів буцацької світи Луганщини: (a, b) перфорації терединід *Apectoichnus longissimus* (Kelly et Bromley, 1984) у деревині (Ікове); (c, d) нірки *Macaronichnus segregatis* Clifton et Thompson, 1978 (Ікове); (e) сильно біотурбовані піски з нірками *Ophiomorpha nodosa* Lundgren, 1891 у верхній частині фото та іхнофосилією cf. *Conichnus* isp. (помічена стрілкою) (Хорошилове); (f) збільшена деталь рис. e, що показує іхнофосилію cf. *Conichnus* isp. Масштабні відрізки — 20 мм.

Fig. 8. Trace fossils from the Buchak Formation of Luhansk Oblast: (a, b) wood borings *Apectoichnus longissimus* (Kelly et Bromley, 1984) (Ikove); (c, d) burrows *Macaronichnus segregatis* Clifton et Thompson, 1978 (Ikove); (e) heavy bioturbated sands with *Ophiomorpha nodosa* Lundgren, 1891 in the upper part of the photo and trace fossil cf. *Conichnus* isp. (marked by arrow) (Khoroshylove); (f) enlarged detail of Fig. e, showing trace fossil cf. *Conichnus* isp. Scale bars—20 mm.

Тередініди, хоча й можуть факультативно бути фільтраторами, проте вони, все ж, спеціалізуються на харчуванні целюлозою [Savrdá & Smith 1996]. Отже, тунелі в деревині, які виробляють тередініди є продуктом процесу харчування нею, а не укриттям чи місцем існування [Savrdá & Smith 1996]. Ці перфорації, зазвичай, довгі та орієнтовані паралельно волокнам деревини; тунелі, вироблені тередінідами часто викривленні або слабо вигинаються, оскільки ці молюски, на відміну від фоладід, можуть вільно рухатися всередині отворів [Savrdá & Smith 1996]. Більшість тередінід, як повідомлялося вище, вистилають камери в деревині кальцитом. Всі перераховані особливості морфології та походження перфорацій, продуцентами яких є тередініди, свідчать про те, що цим молюскам належать сліди *Apectoichnus longissimus* [Savrdá & Smith 1996]. Сучасні тередініди є космополітами і всі роди, окрім *Kuphus*, є свердлильниками деревини [Turner & Johnson 1971].

Отже, тередініди є вірогідними продуцентами перфорацій *Apectoichnus longissimus* в заміщеній опалом та халцедоном деревині розрізу Ікове. В сучасній фауні тередініди представлені приблизно 70 видами, які значно поширені в нормально-солоних та солонуватих водах помірних і тропічних широт [Turner 1966; McKoy 1980; Borges *et al.* 2014]. Сучасні тередініди відіграють важливу екологічну роль, оскільки вони є головними руйнівниками деревини в морському середовищі [Kříž & Mikuláš 2006].

Місцезнаходження. Кварцитоподібні пісковики розрізу Ікове.

Поширення. Юра–донині.

Іхнорід *Gastrochaenolites* Leymerie, 1842

Типовий іхновид: *Gastrochaenolites lapidicus* Kelly et Bromley, 1984; за наступним визначенням.

Діагноз. Булавовидні перфорації у кам'яному субстраті. Зона апертури отвору вужча за головну камеру і може мати круглу, овальну чи гантелеподібну форму. Устя інколи відділяється від головної камери шийкою, яка в деяких випадках може досягати значної довжини. Форма головної камери варіює від субсферичної та видовженої з випуклою основою та круглим чи еліпсоїдальним поперечним перерізом; у деяких іхновидів вона серце- чи мигдалеподібна [Kelly & Bromley 1984: р. 797; переклад наш — В.Д., М.У.].

Іхновиди. До іхнороду *Gastrochaenolites*, окрім типового іхновиду, відносяться *G. ampullatus* Kelly et Bromley, 1984; *G. anauchen* Wilson et Palmer, 1998; *G. cluniformis* Kelly et Bromley, 1984; *G. cor* Bromley et D'Alessandro, 1987; *G. dijugus* Kelly et Bromley, 1984; *G. hospitium* Kleemann, 2009; *G. oelandicus* Ekdale et Bromley, 2001; *G. orbicularis* Kelly et Bromley, 1984; *G. ornatus* Kelly et Bromley, 1984; *G. pickerilli* Donovan, 2002; *G. torpedo* Kelly et Bromley, 1984; *G. turbinatus* Kelly et Bromley, 1984 та *G. vivus* Edinger et Risk, 1994 [Donovan 2011].

Зауваження. Нірки існування *Gastrochaenolites* — це одні з найпоширеніших слідів біоерозії карбонатних субстратів юрського–голоценового віку [Mikuláš & Dronov 2006]. Найдавніші сліди *Gastrochaenolites* відомі з пенсильванію [Wilson & Palmer 1998] чи навіть ордовіку [Ekdale & Bromley 2001]. Продуцентами іхнофосилій *Gastrochaenolites* є переважно бівальвії, а також гастроподи родини Coralliophilidae та деякі сипункуліди (Sipunculida) [Bromley 2004; Donovan 2011].

Поширення. ?Ордовик, пенсильваній–донині багатьох місцезнаходжень світу.

Gastrochaenolites isp.

Рис. 9 а–с, е

Матеріал. Велика кількість іхнофосилій *in situ*.

Опис. Сліди біоерозії у вигляді субсферичних або еліпсоїдальних камер у кременевій гальці та хардграунді на поверхні верхньокредових мергелів, від яких до верхньої поверхні субстрату відходить апертуральний вузький відрізок (так звана шийка), товщина якого значно менша за діаметр камер, який зазвичай складає 4–5 мм при висоті 7–8 мм. Поперечний переріз камер округлий. Отже, загальна форма пустот — булавовидна чи краплеподібна. Камери заповнені



Рис. 9. Іхнофосилії на поверхні контакту верхньокрейдових мергелів та палеогенових пісків Луганщини: (a, b, e) перфорації *Gastrochaenolites* isp. на поверхні хардграунду в покритві верхньокрейдових мергелів (a, b — Георгіївка, e — Бараниківка); (c) перфорації *Gastrochaenolites* isp. на поверхні хардграунду в покритві верхньокрейдових мергелів (Сватове); (d) *Gnatichnus* isp. (Георгіївка). Масштабний відрізок — 20 мм.

Fig. 9. Trace fossils from the contact of the Upper Cretaceous marls and Paleogene sands in Luhansk Oblast: (a, b, e) borings *Gastrochaenolites* isp. in the hardground on the upper surface of the Upper Cretaceous marls (a, b—Heorhiyivka, e — Baranykivka); (c) borings *Gastrochaenolites* isp. in the hardground on the upper surface of the Upper Cretaceous marls (Svatove); (d) *Gnatichnus* isp. (Heorhiyivka). Scale bar—20 mm.

піском та пісковиком. Інколи всередині них трапляються уламки черепашок продуцентів цих отворів — невизначених бівальвій (Ікове). Переважна більшість вивчених нами іхнофосилій збереглася не повністю — часто апертуральна частина камер еродована і в гальці та мергелях збереглися лише їхні нижні частини.

Серед описаних іхнофосилій чітко виділяється дві розмірні групи: дрібні (Рис. 9 а, b), з діаметром головної камери 5–10 мм та великі (Сватове, Бараниківка), діаметром близько 20–30 мм (Рис. 9 с, е). Ці морфотипи можуть бути різними іхновидами, але визначити їх не вдалося.

Місцезнаходження. Хардграунди на поверхні верхньокрейдових мергелів у Сватовому, Бараниківці та Георгіївці; кременева галька базального шару бучацької світи в Іковому; ізольована кременева галька з пісків нижньої частини бучацької світи у Хорошиловому.

Поширення. ?Ордовик, пенсильваній–донині багатьох місцезнаходжень світу.

Решта досліджених іхнофосилій монографічно не описані, в статті наводимо лише їхні зображення: *Conichnus* isp. (див. рис. 8 е, f), *Gnathichnus* isp. (див. рис. 9 d), *Macaronichnus segregatis* Clifton et Thompson, 1978 (див. рис. 7 с, f; 8 с, d), *Palaeophycus* isp., cf. *Rosselia* isp. (Рис. 7 е); нами також визначено іхновиди *Spongliomorpha* isp. і *Thalassinoides* isp. (їхні зображення не наводимо).

Результати дослідження

Походження кварцитоподібних пісковиків розрізу Ікове

Характерною особливістю розрізу Ікове, як вже зазначалося, є локальне латеральне заміщення пісків бучацької світи кварцитоподібними світлими пісковиками з масивною однорідною структурою. Походження цих пісковиків є об'єктом тривалої дискусії. М. Я. Бланк та В. О. Зелінська [Blank & Zelinskaya 1979] вважали, що в розрізах палеогену Луганщини, де вище бучацьких пісків залягають водонепроникні породи, окремі брили та масиви кварцитоподібних пісковиків не спостерігаються. Цим згадані дослідники, ймовірно, натякають на інфільтраційне походження пісковиків.

На думку В. Т. Сябряя [Syabryai 1963], кварцитоподібні пісковики утворилися за рахунок інфільтрації в піски розчинів, збагачених кремнеземом, джерелом яких у термінальний бучацький час були прісні озера, що виникли на місці бучацького морського басейну. Зауважимо, що кількість кремнезему в прісних водах суходолу принаймні на порядок більша, ніж в морських водах (10–20 мг/л проти 0,5–2 мг/л) [Strakhov 1966; Ailer 1982]. Точка зору, висловлена В. Т. Сябряєм, пояснює ізометричну в плані форму масивів пісковиків біля Ікового. Однак їхня цементация в розрізі є більш-менш однаковою, хоча має спостерігатися збільшення міцності пісковиків вгору розрізом — в бік гіпотетичного джерела кремнезему. Це питання потребує спеціальної уваги літологів та геохіміків, тут ми можемо лише зробити деякі загальні припущення.

Для хімічного осадження кремнезему в морських умовах необхідно аби його концентрація у воді перевищувала рівень насичення, який коливається в межах 100–120 мг/л, чого в нормальних умовах бути не може [Strakhov 1966]. Однорідна кремениста цементация пісковиків, тобто відсутність горизонтальної зональності її інтенсивності, ймовірно, свідчить про те, що розчин був перенасичений SiO_2 і за таких умов відстань від джерела кремнієвої кислоти вже не мала значення, оскільки вся товща осаду була рівномірно насичена нею шляхом досягнення її граничного рівня, за якого кремнезем вже не міг утримуватися в розчиненому вигляді. Як вже зазначалося, в нормальних умовах це неможливо.

Джерелом прісної води, збагаченої кремнеземом, могла бути дельта великої річки, яка стікала з Воронезької антеклизі. Ця точка зору пояснює присутність великої кількості деревини у відкладах бучацької світи розрізу Ікове та наземно-морський склад фауни хребетних цього місцезнаходження. Проте, масиви пісковиків мали б мати форму лопатей, що відповідають колишнім зонам змішування морських та прісних вод, навіть за умови стратифікації водного стовпа таких зон за солоністю і вмістом кремнезему. Цього, навіть з урахуванням сучасного ерозійного впливу середовища на породи, в натурі не спостерігається.

Слід зауважити, що осинівські пісковики літологічно дуже нагадують палеоценові флороносні кварцитоподібні пісковики, що поширені поблизу м. Камишин у Волгоградській області та суміжних районах Саратовської області РФ (див., наприклад, [Makulbekov 1977; Vikulin *et al.* 2015; Vikulin & Morov 2016]). Як і в Іковому, в Камишині пісковики залягають у вигляді великих масивів; у верхній частині камишинських пісків міцні пісковики складають горизонтальні лінзи, від яких вгору відходять субгоризонтальні трубоподібні тіла пісковиків [Ivanov 2012; Tsekhovsky 2017].

Пісковики Поволжя вміщують відбитки наземної листової флори та мінералізовану деревину [Makulbekov 1977; Vikulin *et al.* 2015; Vikulin & Morov 2016], а також рештки морської фауни, в тому числі представників стеногалінних груп — морських зірок та ехіноїдей [Pervushov *et al.* 2004]. Порівняно нещодавно було оприлюднено припущення щодо того, що ці пісковики є продуктами гідротермального седиментогенезу [Ivanov 2012; Tsekhovsky 2017].

Ю. Г. Цеховський [Tsekhovsky 2017] припускає, що лінзовидні тіла кварцитоподібних пісковиків серед пісків буцацького регіонарусу Дніпровсько-Донецької западини є так званими гідротермалітами. В місцезнаходженні буцацьких гідротермалітів біля с. Григорівка в Придніпров'ї, яке вивчив Ю. Г. Цеховський, міцні пісковики на опаловому та халцедоновому цементі утворюють субвертикальну тоненьку (10–15 см) дайку, яка вгорі розгалужується, а ще вище переходить в куполоподібне тіло міцних кварцитоподібних пісковиків, товщиною 4 м [Tsekhovsky 2017]. Субвертикальні дайки інтерпретовано в цитованій вище роботі як шляхи переміщення насичених кремнеземом термальних вод, при розвантаженні яких утворилися кварцитоподібні пісковики [Tsekhovsky 2017]. Слід зазначити, що цитований автор [Tsekhovsky 2017: р. 39] наголошує на значному поширенні наддайкових куполоподібних тіл кварцитів та пісковиків у палеоценових та ранньо- і середньоеценових відкладах Воронезької антеклізи, Придніпров'я, Поволжя, Приуралля та Приаралля.

Отже, не слід виключати як один із варіантів гідротермальний генезис кварцитоподібних та кременистих пісковиків Ікового та, вірогідно, інших розрізів буцацької світи. Зауважимо, що ця концепція пояснює джерело перенасичених кремнеземом розчинів та форму залягання масивів кварцитоподібних пісковиків.

Результати вивчення іхнофосилій

З відкладів буцацької світи вивчених розрізів нами визначено наступні іхнофосилії: *Apctoichnus longissimus* (Kelly et Bromley, 1984), cf. *Conichnus* isp., *Gastrochaenolites* isp., *Gnathichnus* isp., *Macaronichnus segregatis* Clifton et Thompson, 1978, *Ophiomorpha nodosa* Lundgren, 1891, *Palaeophycus* isp., cf. *Rosselia* isp., *Skolithos linearis* (Haldeman, 1840), *Spongiomorpha* isp. та *Thalassinoides* isp.

Як бачимо паратаксономічне різноманіття іхнофосилій досить невелике. Всі зазначені вище іхнотаксони відносяться до етологічних груп фодініхній (сліди харчування всередині субстрату: *Apctoichnus*, *Macaronichnus*, *Palaeophycus*), пасціхній (сліди харчування на поверхні субстрату: *Gnathichnus*) та доміхній (сліди мешкання: *Conichnus*, *Gastrochaenolites*, *Ophiomorpha*, *Rosselia*, *Skolithos*, *Spongiomorpha* і *Thalassinoides*). Низьке різноманіття іхнофосилій можливо пояснюється як літологічними особливостями відкладів, що не сприяють їхньому збереженню, так і умовами їх накопичення (наприклад, високою рухомістю води під час формування пісків).

Аналіз літологічних особливостей порід, а також екології вірогідних продуцентів іхнофосилій, що в них містяться, дозволив виділити у відкладах вивчених розрізів три іхнофації: сколітову, тередолітову і тріпанітову+гнатіхнову. Іхнофація, за Мікулашем та Дроновим [Mikuláš & Dronov 2006: р. 16] — це «геологічний запис іхноценозу»³. Визначення вкрай неоднозначне.

³ Тут ми, ймовірно, маємо справу зі складнощами перекладу з англійської (або чеської) на російську мову і більш коректний його варіант мав би мати вигляд «геологічний (вікопний) літопис іхноценозу».

Ми розглядаємо іхнофацію як сукупність характерних викопних іхнотаксонів, що утворилися в якості реакції організмів на конкретні біотичні та абіотичні умови середовища існування; аналогом іхнофації в сучасну геологічну епоху є іхноценоз.

Тріпанітова та гнатіхнова іхнофації (англ. *Trypanites*+*Gnathichnus Ichnofacies*) характеризується розвитком слідів життєдіяльності біоеродерів, що відносять до іхнородів *Trypanites*, *Gastrochaenolites*, *Entobia*, *Rogerella*, *Uniglobites*, *Maeandropolydora*, *Circolites*, *Conchotrema*, *Caulostrepsis* (тріпанітова іхнофація) [Furlong et al. 2015] та *Gnathichnus* і *Renichnus* (гнатіхнова іхнофація) [Mikuláš & Dronov 2006]. У розрізах, де присутні характерні для тріпанітової іхнофації сліди біоерозії (Бараниківка, Сватове) вона виділяється досить впевнено. В розрізі Георгіївка разом з *Gastrochaenolites* присутні також *Gnathichnus* і тут не можна відділити тріпанітову іхнофацію від гнатіхнової. Слід також зауважити, що тріпанітова та гнатіхнова іхнофації поширені переважно на поверхні верхньокрейдових мергелів, які навряд чи можна віднести до рокграундів, а, радше, їх слід вважати хард- чи навіть фірмграундами. Для іхноценозів останніх двох типів субстратів характерна глоссіфунгітова іхнофація [Mikuláš & Dronov 2006]. Зазначимо, що деякі характерні риси цієї іхнофації (нірки *Spongiomorpha* в покрівлі верхньокрейдових мергелів) виявлено у Сватовому. Однак отримані дані не демонструють факту того, що зазначені субстрати були також біотурбовані, що є характерною ознакою глоссіфунгітової іхнофації, тому тут ми розглядаємо зазначені іхноценози в складі тріпанітової та гнатіхнової іхнофацій.

Біологічна ерозія визначається як руйнування твердих субстратів, таких як гірські породи, мушлі, кістки або деревина, різноманітними організмами в процесі зіскоблювання, перфорації хімічним і механічним шляхом тощо [Bromley 1992; Demircan 2012]. Ендолітні спільноти біоеродерів розвиваються на субстратах, на яких відсутня седиментація [Bromley & Asgaard 1993]. Порівняно прості неглибокі сліди, що виникають під час короточасних епізодів біоерозії, продукуються, як правило, піонерними спільнотами біоеродерів [Bromley & Asgaard 1993], які зникають тоді, коли ерозія змінюється седиментацією. Вірогідно, відносно прості неглибокі сліди біоерозії хардграундів на поверхні верхньої крейди деяких вивчених розрізів вироблені саме такими спільнотами, які в роботі [Bromley & Asgaard 1993] віднесено до слідів біоерозії «ярусу В». Цей ярус характеризуються присутністю слідів зіскоблювання мікробіальних матів морськими їжаками (іхнофосилії *Gnathichnus*).

У розрізі Георгіївка іхнофосилії *Gastrochaenolites* трапляються спільно з *Gnathichnus*, причому останній іхнорід, як зазначалося вище, є типовим для гнатіхнової іхнофації, яка розвивається на скельних поверхнях у місцях з низькою активністю водної товщі. Зважаючи на те, що перфорації *Gastrochaenolites*, які трапляються спільно з *Gnathichnus*, є дуже еродованими, в той час як гнатіхнуса майже не пошкоджені, можемо зробити висновок, що на цій поверхні закарбовано дві послідовні іхнофації — тріпанітову, яка формувалася на хардграундах з високою та середньою активністю води, та гнатіхнову, яка розвинулася пізніше тріпанітової іхнофації, тоді коли динаміка водного стовпа значно понизилася, тобто напередодні початку пришвидшення темпів седиментації.

Як зазначається в статті [Furlong et al. 2015], вивчення тріпанітової іхнофації зазвичай обмежується палеоекологічними чи палеогеографічними спостереженнями в межах окремих розрізів; даних щодо латерального поширення одновікових тріпанітових іхнофацій недостатньо. Отримані нами дані показують, що тріпанітова та гнатіхнова іхнофації на контакті відкладів верхньої крейди та буцацької світи суттєво не змінюються на відстані близько 100–110 км (від Бараниківки на півночі до Георгіївки на півдні). Це спричинено як близькими умовами розвитку спільнот біоеродерів, так і морфологічною простотою біоерозій, яка обмежує об'єм даних, необхідних для порівняльного аналізу. Однак, необхідно зауважити, що зазначені іхнофації є умовно одновіковими, оскільки принцип Головінського гарантує гетерохронність початку седиментації у різних частинах палеокваторії трансгресуючого басейну, яким власне і було ранньобуцацьке море окраїн ДСС.

Тередолітова іхнофація (англ. *Teredolites Ichnofacies*) виділена для асоціацій іхнофосилій деревних субстратів, які складаються з *Apectoichnus* та *Teredolites* [Gingras *et al.* 2004; Buntin *et al.* 2022]. Більшість іхноценозів давніх тередолітових іхнофацій вирізняються низьким різноманіттям слідів біоерозії, що обмежене двома названими іхнородами [Bromley *et al.* 1984; Gingras *et al.* 2004]. Вони інколи демонструють розмірні модифікації, спричинені повторною колонізацією субстрату біоеродерами та різною зрілістю особин продуцентів слідів [Gingras *et al.* 2004].

Лукас [Lucas 2016] розглядає тередолітову іхнофацію як морський аналог виділеної ним палеосколітусової іхнофації (англ. *Paleoscolytus Ichnofacies*), — сукупності слідів біоерозії в деревині та листі, що виникли в наземних умовах.

Характерною особливістю сучасних аналогів тередолітової іхнофації є значно вище партаксономічне різноманіття іхнофосилій [Gingras *et al.* 2004]. Наприклад, звичними слідами організмів, що мешкали всередині або на поверхні сучасного деревного субстрату з мулів морської затоки на узбережжі штату Вашингтон (США), окрім *Teredolites*, є: cf. *Caulostrepsis*, *Meandropolydora*, *Rogerella*, *Entobia*, *Trypanites*, *Psilonichnus* та *Thalassinoides* [Gingras *et al.* 2004]. Проте, як зазначають автори цитованої роботи, ці визначення, окрім *Teredolites*, є умовними, оскільки одна частина цих слідів біоерозії (*Meandropolydora*, *Rogerella*, *Entobia*, *Trypanites*) характерна для твердих та скельних субстратів (наприклад, черепашок молюсків, поверхонь кам'яного дна тощо), в той час як інша (*Psilonichnus* і *Thalassinoides*) зазвичай поширена на м'яких ґрунтах.

У викопному стані асоціація біоерозій, що описана в роботі [Gingras *et al.* 2004], не відома. Ця обставина, на думку авторів цитованої роботи, є тафономічним артефактом. Дійсно, дрібні перфорації *Entobia*, *Rogerella*, *Caulostrepsis* та *Meandropolydora*, які проникають на невелику глибину в субстрат, могли бути знищеними внаслідок природного розкладання деревини, її тертя під час водного транспортування тощо.

Зазвичай тередолітова іхнофація розглядається в якості індикатора прибережно-морських та мілководно-морських умов [Bromley *et al.* 1984; Mayoral *et al.* 2020], однак відомі випадки присутності слідів *Teredolites* у порівняно глибоководно-морських умовах [Turner 1973], що, однак, не повинно дивувати, оскільки деревина здатна розноситися течіями на значні відстані.

Перфорації *Teredolites* знайдено в деревинних субстратах різного типу: в плавнику, кореневищах мангрової рослинності, затоплених лісах, горіховій шкаралупі, палях пірсів, корпусах суден тощо [Kelly & Bromley 1984]. Келлі та Бромлі [Kelly & Bromley 1984] ввели в науковий обіг термін «вудграунд» (англ. woodground) — особливий тип субстрату (поряд із соуп-, стіфф-, софт-, фірм-, хард- та рокграундами), що складається переважно із затопленої деревини. Пізніше Саврда та Кінг [Savrda & King 1993] розділили вудграунди на два підтипи — деревні пітграунди (англ. хуліс peatground), які визначаються як відносно стійкі у просторі багатокомпонентні деревні субстрати, що відповідають тередолітовій іхнофації (англ. «relatively laterally persistent composite wood substrates that correspond to the *Teredolites* ichnofacies» [Savrda & King 1993: p. 69]) та лог-граунди (англ. log-grounds) — «відносно невеликі за площею однокомпонентні субстрати, представлені ізольованими колодами» («relatively small, non-composite substrates represented by isolated logs» [Savrda & King 1993: p. 69]). Вивчені нами біоерозії в деревині з Ікового відносяться до деревних пітграундів.

Саврда зі співавторами [Savrda 1991; Savrda *et al.* 1993; 2005; Savrda & King 1993] припускав, що існує тісний зв'язок між накопиченням фрагментів деревини на прибережних ділянках мілководних частин морських басейнів та підвищенням рівня моря. Скупчення деревини, за спостереженнями зазначених вище дослідників, зазвичай викликане (1) переміщенням берегової лінії вглиб суші і посиленням приносу в прибережні частини басейну деревини із затоплених лісових масивів, розташованих, перш за все, в межах прибережних низин; (2) концентрацією фрагментів деревини в прибережних осадах внаслідок суттєвого зниження кількості

уламкового матеріалу, що виноситься з прилягаючого суходолу. Цієї ж думки дотримуються також Джінджерс зі співавторами [Gingras *et al.* 2004], які зазначають, що існує безліч прикладів того, що скупчення мінералізованої деревини з перфораціями *Teredolites* трапляються серед відкладів, що утворилися в результаті порівняно швидкого затоплення морськими водами значних площ низинного суходолу. Слід зауважити, що уявлення про трансгресію як про дуже тривалий процес, насправді, є лише частково коректними, оскільки значні площі низинного прибережного суходолу, ймовірно, можуть затоплюватися морськими водами за дуже короткий час в результаті, наприклад, прориву берегового валу внаслідок катастрофічного шторму чи кількох штормів [Nalivkin 1969].

Результати вивчення розрізу Ікове не підтверджують точку зору щодо прямої залежності формування скупчень значних об'ємів деревини і підвищенням рівня моря, оскільки піски бучацької світи цього розрізу демонструють чітку регресивну послідовність (піски найвищої частини розрізу можуть бути континентальними чи субконтинентальними відкладами) [Udovychenko 2009]. М. М. Ключніков [Klyushnikov 1958] зазначав, що відклади нижньої частини бучацької світи (так званий «косянецький горизонт») накопичилися в глибоководніших умовах, ніж породи верхньої половини бучацької світи (=«трахтемирівський горизонт» М. М. Ключнікова). Тобто спостереження М. М. Ключнікова також свідчать про прогресуюче обміління бучацького басейну.

Скупчення мінералізованої деревини є характерними для дельтових відкладів [Mikuláš & Dronov 2006]. Дельтове походження пісків та пісковиків Ікового, на підставі змішаного наземно-морського складу фауни хребетних, відстоюється в роботі [Zvonok *et al.* 2012]. Судячи з усього, скупчення фрагментів деревини в Іковому є відображенням процесу проградації цієї дельти, тобто висування її фронту все далі в море. Тому тут спостерігається зворотна залежність — скупчення суттєво біоєродованої деревини поширені в породах регресивної послідовності.

Вже досить давно було доведено, що систематична належність рослин, а відтак і вміст кремнезему в їхніх тканинах, не впливає на їхню здатність заміщуватися опалом чи халцедоном [Buurman 1972]. Заміщення деревини кремнеземом можливе лише після її перекриття осадами [Philippe *et al.* 2022]. Органічна речовина в морських умовах розкладається переважно шляхом мікробної сульфатредукції, одним із результатів якої є збільшення лужності порових вод [Bowles *et al.* 2014]. Це, в свою чергу, сприяє розчиненню кремнезему [Kuechler *et al.* 2012; Philippe *et al.* 2022]. Цей мобілізований кремнезем за незначних коливань рН переважно мінералізує стінки клітин деревини завдяки близькості кремнекислоти та гідроксильних груп в голоцелюлозах та лігнітах, що і веде до мінералізації деревини загалом [Philippe *et al.* 2022].

Можливою причиною, що спровокувала скупчення деревини в дельтах давніх річок могли бути також землетруси та шторми [Philippe *et al.* 2022] або сезонні коливання клімату (сезони дощів) [Matysová *et al.* 2010]. Слід зауважити, що автори роботи [Philippe *et al.* 2022] також задалися питанням походження кремнезему, що складає мінералізовану деревину зі світи Мзамба (верхня крейда, ПАР). На їхню думку, цими джерелами можуть бути гідротермальні розчини, а також продукти розкладання в морській воді вулканічного попелу, польових шпатів, скелетів радіолярій та кременевих губок. В підсумку, автори вказаної роботи дійшли висновку, що мінералізована деревина зі світи Мзамба могла утворитися внаслідок розчинення численних кременистих скелетів радіолярій та панцирів діатомових водоростей, проте ніяких слідів їхньої присутності у відкладах зазначеної світи не виявлено. Автори роботи [Matysová *et al.* 2010] вважають джерелом кремнезему, що складає мінералізовану деревину з верхньопалеозойських відкладів Чехії, польові шпати, що містяться в складі пісковиків та конгломератів з деревиною. В більш давній літературі (огляд в [Buurman 1972]) відстоюється точка зору, згідно якої деревина в осадах заміщувалася кремнеземом внаслідок впливу збагачених кремнекислотою підземних вод.

Лакруа (цит. за [Buurman 1972]) описав заміщену опалом деревину із термальних джерел, проте цей випадок слід розглядати радше як виключення із загальної закономірності, згідно якої заміщення деревини кремнеземом відбувається переважно внаслідок вивітрювання пірокластичних відкладів, хоча й далеко не завжди [Buurman 1972].

Як показали спостереження над численним сучасним та викопним матеріалом [Matysová *et al.* 2010], бути похованою в прибережно-морських відкладах і мінералізуватися здатна переважно ріпарійна рослинність. Приблизно це ж повідомляється і в роботі [Buurman 1972], проте з невеликою обмовкою — гумідний клімат більш сприяє мінералізації деревини кремнеземом. Як зазначає Буурман [Buurman 1972], хоча мінералізація деревини можлива і в морських умовах, проте найчастіше вона відбувається на суходолі.

В будь-якому випадку, незаперечним є факт того, що деревина з Осинового, після потрапляння в осад, мінералізувалася дуже швидко, переважно до стадії постдіагенетичного ущільнення осаду (фрагменти деревини майже або зовсім не деформовані). В такому випадку, звісно, притік прісних вод не мав вирішального значення для мінералізації осинівської деревини. Зауважимо, що питання походження осинівської мінералізованої деревини вимагає спеціального дослідження. Тут ми лише зазначимо, що на перший погляд ймовірний парагенезис кварцитоподібних пісковиків та мінералізованої деревини не підтверджується, так як остання трапляється і в пісках.

Сколітова іхнофація (англ. *Skolithos Ichnofacies*) характерна для відкладів, що сформувалися за помірної та високої енергії водного стовпа, постійного переміщення нелітіфікованих субстратів та іхньої епізодичної ерозії [Seilacher 1967; Droser 1991].

Серед вивчених відкладів для цієї іхнофації є характерними *Skolithos linearis*, *Ophiomorpha nodosa*, *Thalassinoides* isp., *Macaronichnus segregatis*, cf. *Rosselia* isp., cf. *Conichnus* isp. та *Palaeophycus* isp. Присутність *Thalassinoides* та cf. *Rosselia* може свідчити про належність частини відкладів до більш глибоководної крузіанової іхнофації (англ. *Cruziana Ichnofacies*), проте перший іхнорід поширений досить обмежено: рідкісні фрагменти лімонітизованих нірок зафіксовано лише в пісках розрізу Георгіївка (в розрізі Бараниківка ці іхнофосилії утворилися вже під час накопичення відкладів київської світи). Другий іхнорід визначено із сумнівами за єдиним екземпляром з пісків розрізу Розкішне.

Тривимірні системи нірок існування десятиногих ракоподібних *Thalassinoides* Ehrenberg, 1944 (*T.* isp.) знайдено в Георгіївці та Бараниківці. Вивчений матеріал представлено фрагментами прямих циліндричних нірок із гладенькою стінкою, діаметром 25–35 мм, що складаються з фосфатизованого (Бараниківка) та лімонітизованого пісковика (Георгіївка). Всередині нірок з Бараниківки трапляються рідкісні дрібні фрагменти кісток кісткових риб.

Невеликий фрагмент деформованого ядра нірки *Palaeophycus* isp. знайдено в пісках розрізу Ікове. Цей іхнотаксон не має конкретної фаціальної прив'язки, хоча, як зазначається в роботі [Mikuláš & Dronov 2006], він часто буває поширений в межах крузіанової іхнофації; трапляється і в неморських відкладах [Mikuláš & Dronov 2006].

Іхнофосилії *Macaronichnus segregatis* Clifton et Thompson, 1978 представлені заповненнями звивистих, коротких, тоненьких (діаметр 2–2,5 мм) циліндричних нірок харчування всередині осаду, орієнтованих паралельно чи під невеликим кутом до площини нашарування. Ці іхнофосилії знайдено в пісках розрізу Хорошилове, пісковиках розрізу Ікове та конкреціях міцних пісковиків серед пісків розрізу Георгіївка.

Ці іхнофосилії є характерними для мілководно-морських піщаних субстратів [Nara & Seike 2019]. Спостереження над викопними слідами *Macaronichnus segregatis* та актуалістичні дані показали, що найвірогіднішими продуцентами цих іхнофосилій є поліхети родин *Opheliidae* та *Travisiidae*, які харчуються мікробіальними плівками на піщинках та органічним детритом у мінеральному осаді [Dafoe *et al.* 2009; Nara & Seike 2019]. Достовірні знахідки *Macaronichnus segregatis* відомі починаючи з ордовіку; вони трапляються і в сучасних мілководних морських осадах [Nara & Seike 2019].

Щодо фаціального поширення цих іхнофосилій в літературі повідомляються різні дані. Найчастіше наголошується на присутності *Macaronichnus segregatis* у літоральних та субліторальних відкладах, переважно пісках [Bromley *et al.* 2009]. Є також згадки щодо присутності *Macaronichnus segregatis* у відкладах прибережного бару, естуарію, продельти та фронту дельти [Bromley *et al.* 2009]. Вірогідно, поширення цих іхнофосилій контролюється, перш за все, достатньою кількістю кисню та порівняно незначною, як для мілководних прибережних ділянок, рухомістю води [Bromley *et al.* 2009]. Остання обставина пов'язана з тим, що продуценти *Macaronichnus segregatis* ведуть приповерхневий інфаунний спосіб життя на глибинах, що зазвичай не перевищують 0,05–0,20 м [Bromley *et al.* 2009].

Macaronichnus segregatis, на підставі сучасного поширення їхніх продуцентів, вважаються індикаторами помірних та холодних вод [Quiroz *et al.* 2010]. Їх знахідки у відносно низькоширотних пізньооліоценових та ранньоміоценових відкладах Венесуели пояснюються дією прибережного апвелінгу, в результаті якого до поверхневих шарів водної товщі підіймалися відносно холодні придонні води [Pemberton *et al.* 2006; Quiroz *et al.* 2010]. Низка літологічних (буре вугілля) та палеонтологічних індикаторів (тепловодна морська фауна, кільця річного приросту мінералізованої деревини, габітус наземної флори тощо) свідчить на користь тепло-го субтропічного клімату в середньому еоцені на території сучасної України.

Зважаючи на поширення як у континентальних, так і в морських відкладах, нечіткість діагностичних ознак та невизначеність іхновидового складу, наразі іхнорід *Skolithos* втратив статус палеоекологічного індикатора [Knaust *et al.* 2018]. Зауважимо, що в структурі пост-палеозойських сколітових іхнофацій абсолютно домінують біотурбації *Ophiomorpha*; сколітеси мають підлегле значення [Droser 1991; Azizi *et al.* 2017]. Отже, результати вивчення іхнофосилій бучацької світи, вірогідно, підтверджують загальну тенденцію зниження ролі *Skolithos* у структурі пост-палеозойських сколітових іхнофацій і домінуванням іхнофосилій *Ophiomorpha* в її мезокайнозойській частині.

Сколітова іхнофація характерна для всієї товщі пісків та пісковиків бучацької світи Луганщини, окрім їхньої базальної частини, де присутній галечниковий прошарок зі слідами біоерозії *Gastrochaenolites* isp. В інтервалах розрізу, що вміщують скупчення мінералізованої деревини з перфораціями *Apectoichnus longissimus* (Ікове), ми виділяємо сколітово-тередолітову іхнофацію (*Skolithos* + *Teredolites* Ichnofacies). Зважаючи на повідомлення щодо присутності іхнофосилій *Ophiomorpha nodosa* у пісках бучацької світи поблизу смт Білоріченський трохи західніше Луганська [Moroz & Savron 1975], можемо припустити, що і для цих пісків та пісковиків характерною є сколітова іхнофація.

Сколітова іхнофація характеризується широким розвитком біотурацій *Skolithos*, продуцентами яких були організми, що харчувалися зваженими у воді частками [Knaust *et al.* 2018]. Для сколітової іхнофації, особливо серед палеозойських відкладів, характерна так звана іхнотекстура «*riperock*» (буквально — «трубчастий камінь»), яка виникає внаслідок присутності монотаксонних скупчень вертикальних нірок *Skolithos* за досить інтенсивної біотурбації відкладів ($i = 3$) [Droser 1991; McIlroy & Garton 2010]. Отже, «*riperock*» є синонімом принаймні палеозойської частини сколітової іхнофації.

Іхнотекстура «*riperock*» зазвичай інтерпретується як індикатор літоральної, пляжної та приливно-відливної зони з піщаними субстратами. Проте, в палеозойських товщах «*riperock*» трапляється в мілководно-морських, естуарних та лагунних пісковиках [Droser 1991]. Також «*riperock*» відомі серед палеозойських неморських відкладів [Crimes & Germs 1982; Collinson *et al.* 1986]. У молодших відкладах (верхня крейда Канади) «*riperock*» виявлено серед темпеститів [Vossler & Pemberton 1988].

Окрім перерахованих вище іхнотаксонів, серед пісків бучацької світи розрізу Ікове трапляються фрагменти горизонтальних деформованих нірок, заповнених дрібними еліпсоїдальними пелетами, розміром до 1,5 мм (Рис. 10). Ці фосилії досить схожі на нірки *Ophiomorpha*, проте значно менші в діаметрі та сильно деформовані; до того ж пелети невизначених іхнофосилій мають еліпсоїдальну форму і значно менші за розмірами, ніж у офіоморф.

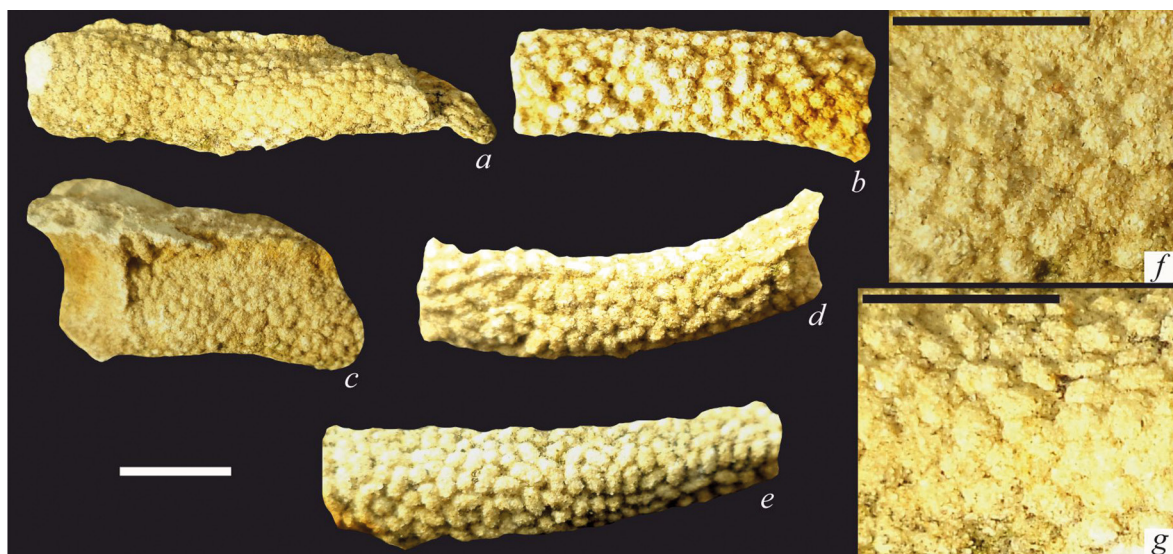


Рис. 10. Невизначені іхнофосилії з пісків розрізу Ікове: загальний вигляд фрагментів нірок (a–e) та поверхня нірок збільшено (f, g). Масштабні відрізки — 10 мм (a–e) та 5 мм (f, g).

Fig. 10. Unidentified trace fossils from the sands of the Iko section: general view of fragment of burrows (a–e) and the surface of the burrows enlarged (f, g). Scale bars—10 mm (a–e) and 5 mm (f, g).

Палеогеографічна інтерпретація результатів вивчення іхнофосилій

Сліди біоерозії на поверхні контакту верхньої крейди та бучацької світи (Ікове, Бараниківка, Георгіївка) свідчать про розвиток тріпанітової іхнофації в умовах високої активності водного стовпа за майже нульової седиментації. Хардграунди на поверхні мергелів верхньої крейди колонізували в основному двостулкові молюски-фоладіди. Пізніше, активність водного стовпа знизилась, проте седиментація залишалася все ще низькою; в таких умовах отримала розвиток гнатіхнова іхнофація, за якої харчовою стратегією тварин, що населяли поверхню хардграунду, було зіскоблювання з неї органічних плівок. Тріпанітова іхнофація також мала розвиток під час накопичення базального галечнику бучацької світи. Іхнофосилії цього субстрату, який, ймовірно, постійно переміщувався, заслуговують спеціального дослідження. Більша частина розрізу бучацької світи в районі досліджень утворилася в умовах сколітової іхнофації, а саме в літоральних умовах за значної рухомості води, для протистояння якій організми вимушені були будувати системи нірок, часто укріплені футеровкою. Вірогідно, в процесі накопичення псамітових порід бучацької світи існували моменти зниження темпів седиментації, які фіксуються прошарками, що переповнені нірками *Orhiomorpha*. Це ж, можливо, стосується і тоненьких прошарків зелених флороносних глин у пісках та пісковиках розрізу Ікове. Деякі інтервали часу, вирізнялися також зниженням активності водного стовпа, за якої піски літоралі та, ймовірно, субліторалі колонізувалися продуцентами нірок *Macaronichnus segregatis*.

В місцях масового скупчення деревини (Ікове) виділяється тередолітова іхнофація, яка характеризується розвитком молюсків-тереденід, що спеціалізуються на харчуванні деревиною. Їхню присутність можна було б інтерпретувати як порівняно спокійні обставини седиментації, оскільки тунелі *Apectoichnus* — це нірки харчування, а не засіб протистояння високій рухомості води, проте тут також трапляються офіоморфи, що вказують, як вже зазначалося, на високу рухомість води.

Поверхня контакту бучацької та київської світ (Бараниківка) є фірмграундом з розвинутим на його поверхні та під нею глоссіфунгітової іхнофацією, яка функціонувала вже під час накопичення відкладів київської світи. Для цієї іхнофації були характерними висока енергія водного стовпа та присутність організмів, які здатні біотурбувати порівняно щільні субстрати.

Висновки

З відкладів бучацької світи Луганської області визначено одинадцять їхнотаксонів фоді-ніхній, пасцїхній та домїхній: *Apectoichnus longissimus*, cf. *Conichnus* isp., *Gastrochaenolites* isp., *Gnathichnus* isp., *Macaronichnus segregatis*, *Ophiomorpha nodosa*, *Palaeophycus* isp., cf. *Rosselia* isp., *Skolithos linearis*, *Spongeliomorpha* isp. і *Thalassinoides* isp. Аналіз літологічних особливостей порід, а також екології вірогідних продуцентів їхнофосилій, що в них містяться, дозволив виділити у відкладах вивчених розрізів три їхнофації: сколітову, тередолітову та тріпанітову+гнатїхнову.

Результати виконаних дослідження показали, що вивчення їхнофосилій з палеогенових відкладів України має велике значення для реконструкції умов седиментації та літостратиграфічного розчленування товщ, бідних на палеонтологічні рештки.

Подяки

Автори щиро вдячні канд. геол. наук А. В. Братїшку (ЛНУ імені Тараса Шевченка, Полтава) за допомогу у вивченні розрізів Хорошилове і Сватове та студентам-географам цього ж університету за допомогу в зборі фактичного матеріалу з розрізів Осинове та Ікове. Дякуємо канд. геол. наук Т. В. Шевченко (ІГН НАН України, Київ) за допомогу в роботі з літературою та численні консультації. Велику подяку також висловлюємо анонімним рецензентам, які допомогли покращити якість цієї статті.

Дослідження В. Дернова проведено в рамках виконання наукової теми Інституту геологічних наук НАН України «Стратегічна мінеральна сировина для відновлення економіки України: аналіз ресурсів та запасів, розробка критеріїв пошуку для нарощування їх мінерально-сировинної бази» (державний реєстраційний номер роботи_0123U100855).

References

- Ailer, R. 1982. Silica chemistry. Mir, Moscow, 1–712. [In Russian]
- Alpert, S. P. 1974. Systematic review of the genus *Skolithos*. *Journal of Paleontology*, **48** (4): 661–669.
- Arapov, O. A., T. B. Sova, O. A. Savenko, V. B. Ferents, N. U. Kravets, L. L. Zyatkov, L. O. Morozova. 2013. *Nature Reserve Fund of Luhansk Region*. Luhansk, 1–224. [In Ukrainian]
- Azizi, A., O. Vinn, K. El Hariri, A. Hafida, K. Kouraiss. 2017. First description of *Skolithos* burrows from the Cambrian–Ordovician boundary interval of the Central Anti-Atlas, Morocco. *Estonian Journal of Earth Sciences*, **66** (3), 174–182. <https://doi.org/10.3176/earth.2017.13>
- Baucon, A., F. Enrichetti, R. Cabella, G. Bavestrello, M. Bo, M. Toma, C. Neto de Carvalho, C. Carbone, A. Briguglio. 2023. Sabellid tubes from the deep shelf off Liguria (Italy): A modern analogue for distal *Skolithos* Ichnofacies? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **612** (111333). 16 p.
- Belokryk, L. S. 1965. Stick-like coprolites. *Paleontological Journal*, **2**: 138–141. [In Russian]
- Belokryk, L. S. 1968. On coprogenic rocks from the Upper Sarmatian of southern Ukraine. *Lithology and mineral resources*, **3**: 136–142. [In Russian]
- Belokryk, L. S. 1962. The first record of «rhizolites» in the Sarmatian of southern Ukraine. *Reports of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR*, **5**: 663–666. [In Ukrainian]
- Blank, M. Ya., V. A. Zelinskaya. 1979. On the stratigraphy of the middle Eocene sediments of eastern Ukraine. *Tectonics and stratigraphy*, **17**: 61–68. [In Russian]
- Borisyak, N. D. 1867. On the stratigraphic relations of soils in Kharkov and adjoining provinces. *Collection of materials relating to the geology of southern Russia. Book 1*. Kharkov, 1–186. [In Russian]
- Borges, L. M., L. M. Merckelbach, H. Sampaio, S. M. Cragg. 2014. Diversity, environmental requirements, and biogeography of bivalve wood-borers (Teredinidae) in European coastal waters. *Frontiers in Zoology*, **11** (1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/1742-9994-11-13>
- Bowles, M. W., J. M. Mogollon, S. Kasten, M. Zabel, K.-U. Hinrichs. 2014. Global rates of marine sulfate reduction and implications for sub-sea-floor metabolic activities. *Science*, **344**: 889–891. <https://doi.org/10.1126/science.1249213>
- Bratishko, A. V. 2011. Otoliths and fish teeth from the Paleogene of Ukraine. Author's abstract of the thesis for the degree of Candidate of Geological Sciences. Kyiv, 1–24. [In Ukrainian]
- Bromley, R. G. 1992. Bioerosion: eating rocks for fun and profit. In: Maples, C. G., R. R. West (Eds.). *Trace Fossils. Short Course in Paleontology*, **5**: 121–129.
- Bromley, R. G. 2004. A stratigraphy of marine bioerosion. In: McIlroy, D. (Ed.). *The application of ichnology to palaeoenvironmental and stratigraphic analysis. Geological society special publication*, **228**: 455–479.

- Bromley, R. G., U. Asgaard. 1993. Two bioerosion ichnofacies produced by early and late burial associated with sea-level change. *Geologische Rundschau*, **82**: 276–280. <https://doi.org/10.1007/BF00191833>
- Bromley, R. G., A. D'Alessandro. 1987. Bioerosion of the Plio-Pleistocene transgression of southern Italy. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, **93**: 379–422.
- Bromley, R. G., G. Pemberton, R. A. Rahmani. 1984. A Cretaceous woodground: the *Teredolites* ichnofacies. *Journal of Paleontology*, **58** (2): 488–498.
- Bromley, R. G., A. Uchman, J. Milan, K. Hansen. 2009. Rheotactic *Macaronichnus*, and human and cattle trackways in Holocene beachrock, Greece: reconstruction of paleoshoreline orientation. *Ichnos*, **16** (1–2): 103–117. <https://doi.org/10.1080/10420940802470987>
- Buntin, R. C. C., S. T. Hasiotis, P. P. Flaig. 2022. Evaluating the ichnofossil *Teredolites* as an indicator of salinity and paleoenvironment. *Palaaios*, **37**: 53–72. <http://dx.doi.org/10.2110/palo.2020.074>
- Buurman, P. 1972. Mineralization of fossil wood. *Scripta Geologica*, **12**: 1–43.
- Chernyshev, B. I. 1949. Subclass Malacostraca. Order Decapoda. In: Ryabinin, A. N., I. A. Korobkov (Eds). *Atlas of index forms of fossil fauna of the USSR. Vol. 12. Paleogene*. Moscow: State Geological Publishing House, 289–294. [In Russian]
- Clifton, H. E., J. K. Thompson. 1978. *Macaronichnus segregatis*: a feeding structure of shallow marine polychaetes. *Journal of Sedimentary Research*, **48**: 1293–1302. <https://doi.org/10.1306/212F7667-2B24-11D7-8648000102C1865D>
- Collinson, J. W., D. C. Pennington, N. R. Kemp. 1986. Stratigraphy and petrology of Permian and Triassic fluvial deposits in northern Victoria Land, Antarctica. *Geological Investigations in Northern Victoria Land, Antarctic Research Series*, **46**: 211–242. <https://doi.org/10.1002/9781118664957.ch9>
- Crimes, T. P., G. J. B. Gerns. 1982. Trace fossils from the Nama Group (Precambrian–Cambrian) of southwest Africa (Namibia). *Journal of Paleontology*, **56** (103435): 890–907. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103435>
- Cummings, J. P., Hodgson, D. M. 2010. An agrichnial feeding strategy for deep-marine Paleogene *Ophiomorpha* group trace fossils. *Palaaios*, **26** (4): 212–224.
- Dafoe, L. T., M. K. Gingras, S. G. Pemberton. 2008. Determinating *Euzonus mucronata* burrowing rates with application to ancient *Macaronichnus segregatis* tracemakers. *Ichnos*, **15** (2): 78–90. <https://doi.org/10.1080/10420940802016475>
- Danilov, I. G., E. A. Zvonok, E. V. Syromyatnikova, N. I. Udovichenko. 2011. A new species of soft-shelled turtle (Trionychidae) from the Middle Eocene of Ukraine. *Proceedings of the Zoological Institute RAS*, **315** (4): 399–411. <https://doi.org/10.31610/trudyzin/2011.315.4.399>
- de Gibert, J. M., R. G. Netto, F. M. W. Tognoli, M. E. Grangeiro. 2006. Commensal worm traces and possible juvenile thalassinidean burrows associated with *Ophiomorpha nodosa*, Pleistocene, southern Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **230** (1–2), 70–84. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.07.008>
- Demircan, H. 2012. Determination of a Late Miocene rocky palaeoshore by bioerosion trace fossils from the Bozcaada Island, Çanakkale, Turkey. *Comptes Rendus Palevol*, **11** (5): 331–344. <https://doi.org/10.1016/j.crpv.2011.11.002>
- Dernov, V. S., M. I. Udovychenko. 2016. Some Paleogene nautiloids of the Donets Basin and Crimea. *Paleontological Collection*, **48**: 19–27. [In Ukrainian]
- Donovan, S. K. 2002. A new ichnospecies of *Gastrochaenolites* Leymerie from the Pleistocene Port Morant Formation of southeast Jamaica and the taphonomy of calcareous linings in clavate borings. *Ichnos*, **9**: 61–66. <https://doi.org/10.1080/10420940190034085>
- Donovan, S. K. 2011. The recent boring *Gastrochaenolites ornatus* Kelly & Bromley, 1984, in a chalk cobble from Cromer, England. *Bulletin of the Mizunami Fossil Museum*, **37**: 185–188.
- Donovan, S. K. 2017. A new ichnogenus for *Teredolites longissimus* Kelly and Bromley. *Swiss Journal of Paleontology*, **137**: 95–98. <https://doi.org/10.1007/s13358-017-0142-9>
- Droser, M. L. 1991. Ichnofabric of the Paleozoic Skolithos Ichnofacies and the nature and distribution of Skolithos Piperock. *Palaaios*, **6** (3): 316–325. <https://doi.org/10.2307/3514911>
- Edinger, E. N., M. J. Risk. 1994. Oligocene–Miocene extinction and geographic restriction of Caribbean corals: roles of turbidity, temperature, and nutrients. *Palaaios*, **9** (6): 576–598. <https://doi.org/10.2307/3515129>
- Eichwald, E. 1865–1868. *Lethaea Rossica ou Paléontologie de la Russie. Période moyenne. Deux sections*. Stuttgart, 1–1304.
- Ekdale, A. A., R. G. Bromley. 2001. Bioerosional innovation for living in carbonate hardgrounds in the early Ordovician of Sweden. *Lethaia*, **34**: 1–12. <https://doi.org/10.1080/002411601300068152>
- Evans, S. 1999. Wood-boring bivalves and boring linings. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, **45**: 130–134.
- Frey, R. W., J. D. Howard, W. A. Pryor. 1978. *Ophiomorpha*: its morphologic, taxonomic, and environmental significance. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **23**: 199–229.
- Furlong, C. M., M. K. Gingras, J.-P. Zonneveld. 2015. *Trypanites*-type ichnofacies at the Bay of Fundy, Nova Scotia, Canada. *Palaaios*, **30** (4): 258–271. <https://doi.org/10.2110/palo.2014.056>
- Fürsich, F. T. 1973. A revision of the trace fossils *Spongelioromorpha*, *Ophiomorpha* and *Thalassinoides*. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, **12**: 719–735.

- Gihgras, M. W., J. A. MacEarchern, R. K. Pickerill. 2004. Modern perspectives on the *Teredolites* ichnofacies: Observations from Willapa Bay, Washington. *Palaios*, **19**: 79–88. [https://doi.org/10.1669/0883-1351\(2004\)019<0079:MPOTTI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1669/0883-1351(2004)019<0079:MPOTTI>2.0.CO;2)
- Gregory, M. R., K. A. Campbell, R. Zuraida, A. J. Martin. 2006. Plant traces resembling *Skolithos*. *Ichnos*, **13** (4), 205–216. <https://doi.org/10.1080/10420940600843617>
- Grygorovich-Berezovsky, N. A. 1903. On the study of Paleogene fauna of the Donets Basin. Materials on the geology and mineral resources, **1**: 1–20. [In Russian]
- Hall, J. 1843. Geology of New York. Part IV. Survey of the Fourth Geological District. Albany: Carroll and Cook, 1–683.
- Haldeman, S. S. 1840. Supplement to Number One of «A monograph of the Limniades, or freshwater univalve shells of North America» containing descriptions of apparently new animals in different classes, and the names and characters of the subgenera in in *Paludina* and *Anculosa*. Philadelphia, 1–3.
- Howell, B. F. 1944. A new *Skolithos* from the Cambrian Hardyston Formation of Pennsylvania. *Wagner Free Institute of Science Bulletin*, **19**: 41–44.
- Howell, B. F. 1957. *Stipsellus annulatus*, a *Skolithos*-like Cambrian fossil from Arizona. *Wagner Free Institute of Science Bulletin*, **32**, 17–20.
- Ivanov, A. V. 2012. Paleoeological features of Cenozoic hydrotherms of Lower Volga Region. *Coevolution of geospheres: from Earth's inner core to Cosmos*. Saratov: Publishing house of SSTU, 269–272. [In Russian]
- Ivanov, D. A., Bozukov, V. S. 2022. New data on the Middle Miocene flora of Northwest Bulgaria. *Phytologia Balcanica*, **28**: 147–156. <https://doi.org/10.7546/PhB.28.2.2022.1>
- Kaptarenko-Chernousova, O. K., P. I. Lutskiy. 1963. Periphery of the Donets Basin. In: Syabryai, V. T. (Ed.). Stratigraphy of the Ukrainian SSR. Vol. 9. Paleogene. Kyiv: Publishing house of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, 122–137. [In Ukrainian]
- Keij, A. J. 1965. Miocene trace fossils from Borneo. *Paläontologische Zeitschrift*, **39**, 220–228. <https://doi.org/10.1007/BF02990166>
- Kelly, S. R. A., R. G. Bromley. 1984. Ichnological nomenclature of clavate borings. *Palaeontology*, **27**: 793–807.
- Khizhnyakov, A. V. 1954. New vertebrate footprints in the lower Miocene of Precarpathia. *Geological Collection of the Lviv Geological Society*, **1**: 177–179. [In Russian]
- Knaust, D., R. D. K. Thomas, A. Curran. 2018. *Skolithos linearis* Haldeman, 1840 at its early Cambrian type locality, Chickies Rock, Pennsylvania: analysis and designation of a neotype. *Earth-Science Reviews*, **185**: 15–31. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.05.009>
- Kleemann, K. 2009. *Gastrochaenolites hospitium* isp. nov., trace fossil by a coral-associated boring bivalve from the Eocene and Miocene of Austria. *Geologica Carpathica*, **60**: 339–342. <https://doi.org/10.2478/v10096-009-0025-0>
- Klyushnikov, M. N. 1953. On the Lower Tertiary sediments of the northern margins of the Donets Ridge. *Geological Collection of Taras Shevchenko State University of Kyiv*, **4**: 15–35. [In Russian]
- Klyushnikov, M. N. 1958. Paleogene deposits of the Dnipro-Donets Depression. In: Ershov, V. A., N. P. Semenenko (Eds). *Geology of the USSR. Vol. 5. Ukrainian SSR and Moldavian SSR. Part 1. Geological description of the the platform part*. Moscow, 642–658. [In Russian]
- Klyushnikov, M. N. 1960. Faunistic complexes of Paleogene of Ukraine and their stratigraphic relationships. In: Yanshin, A. L., O. S., Vyalov, N. N., Dolgoplov, V. V., Menner (Eds). *Paleogene deposits of the southern European part of the USSR*. Moscow: Publishing House of Academy of Sciences of the USSR, 108–125. [In Russian]
- Kosmachev, V. G. 1977. Deposits of ornamental opals in Ukraine. *Bulletin of the Kharkov University. Geology and geography of left bank Ukraine*, **162** (8): 10–13. [In Russian]
- Kosmachev, V. G. 1981. On the opals from the Osynove deposit. *Bulletin of the Kharkov University. Geology and geography of left bank Ukraine*, **212** (12): 29–30. [In Russian]
- Krasnov, A. N. 1911. Beginnings of Tertiary flora of Southern Russia. Kharkov: Pechatnik, 1–115. [In Russian]
- Krendovsky, M. 1880. Description of mineralized wood collected predominantly in southern Russia. Vol. 1. Kharkov: University Printing House, 1–31. [In Russian]
- Kříž, J., Mikulaš, R. 2006. Bivalve wood borings of the ichnogenus *Teredolites* Leymerie from the Bohemian Cretaceous Basin (Upper Cretaceous, Czech Republic). *Ichnos*, **13** (3): 159–174. <https://doi.org/10.1080/10420940600851594>
- Książkiewicz, M. 1977. Trace fossils in the flysch of the Polish Carpathians. *Palaeontologica Polonica*, **36**: 1–208.
- Kuechler, R. R., D. Birgel, S. Kiel, A. Freiwald, J. L. Goedert, V. Thiel, J. Peckmann. 2012. Miocene methane-derived carbonates from southwestern Washington, USA, and a model for silicification at seeps. *Lethaia*, **45**: 259–273. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3931.2011.00280.x>
- Kuzmin, I. T., E. A. Zvonok. 2021. Crocodylian assemblage from the middle Eocene Ikovo locality (Lugansk Province, Ukraine), with a discussion of the fossil record and geographic origins of crocodyliform fauna in the Paleogene of Europe. *Geobios*, **65**: 7–27. <https://doi.org/10.1016/j.geobios.2021.02.002>
- Likharev, B. 1914. Geological surveys in Starobelsk Uyezd of Kharkov Province in 1913. Preliminary report. *Proceedings of the Geological Committee*, **33** (3): 241–272. [In Russian]
- Likharev, B. K. 1917. On the delimitation of some stages of Lower Tertiary sediments in the Seversky Donets and Don river basins. *Proceedings of the Geological Committee*, **5–7**: 8–16. [In Russian]

- Lucas, S. G. 2016. Two new, substrate-controlled nonmarine ichnofacies. *Ichnos*, **23** (3–4): 248–261. <https://doi.org/10.1080/10420940.2016.1181066>
- Luhansk Oblast. Atlas. 2004. Kyiv, 1–32.
- Lutskiy, P. I. 1963. Donets Basin. Paleogene System. In: Kuznetsov, I. A. (Ed.). *Geology of coal and oil shale deposits of the USSR. Vol. 1. Coal basins and deposits in the south of the European part of the USSR*. Moscow, 88–95. [In Russian]
- Lutugin, L. 1897. Geological section near Krymskoye Village (Shestaya Rota), Slavyanoserbsk Uyezd, Yekaterinoslav Guberniya. *Proceedings of the Geological Committee*, **15**: 123–137. [In Russian]
- Makarenko, D. E., V. A. Zelinskaya. 1982. Mollusks of the Middle Eocene of platform Ukraine. Kiev: Naukova Dumka, 1–168. [In Russian]
- Makulbekov, N. M. 1977. Paleogene floras of the Western Kazakhstan and the Lower Volga Region. Alma-Ata: Nauka, 1–236. [In Russian]
- Manley, K. 1991. Two techniques for measuring surface polish as applied to gastroliths. *Ichnos*, **1**: 313–316.
- Matysová P., R. Rössler, J. Götze, J. Leichmann, G. Forbes, E. L. Taylor, J. Sakala, T. Grygar. 2010. Alluvial and volcanic pathways to silicified plant stems (Upper Carboniferous–Triassic) and their taphonomic and palaeoenvironmental meaning. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **292**: 127–143. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.03.036>
- Mayoral, E., A. Santos, J. A. G. Vintaned, M. Wisshak, C. Neumann, A. Uchman, A. Nel. 2020. Bivalve bioerosion in Cretaceous–Neogene amber around the globe, with implications for the ichnogenera *Teredolites* and *Apectoichnus*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **538** (109410). <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2019.109410>
- Mayr, G., L. Gorobets, E. Zvonok. 2013. The tarsometatarsus of the Middle Eocene loon *Colymbicus udovichenkoi*. In: Gohlich, U. B., A. Kroh (Eds). *Proceedings of the 8th International Meeting of Society of Avian Paleontology and Evolution*. Wien: Verlag Naturhistorisches Museum, 17–22.
- Mayr, G., E. Zvonok. 2011. Middle Eocene Pelagornitidae and Gaviiformes (Aves) from the Ukrainian Paratethys. *Palaeontology*, **54** (6): 1347–1359. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4983.2011.01109.x>
- McIlroy, D., Garton, M., 2010. Realistic interpretation of ichnofabrics and palaeoecology of the pipe-rock biotope. *Lethaia*, **43** (3): 420–426. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3931.2009.00199.x>
- McKoy, J. 1980. Distribution of shipworms (Bivalvia: Teredinidae) in the New Zealand region. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, **14** (3), 263–275. <https://doi.org/10.1080/00288330.1980.9515869>
- Melnyk, S., S. Packer, J.-P. Zonneveld, M. K. Gingras. 2020. A new marine woodground ichnotaxon from the Lower Cretaceous Mannville Group, Saskatchewan, Canada. *Journal of Paleontology*, **95** (1): 162–169. <https://doi.org/10.1017/jpa.2020.63>
- Merrill, R. D. 1984. *Ophiomorpha* and other nonmarine trace fossils from the Eocene Ione Formation, California. *Journal of Paleontology*, **58** (2): 542–549.
- Mikuláš, R., A. Dronov. 2006. Paleoichnology—introduction to the study of trace fossil. Prague, 1–122. [In Russian]
- Moroz, S. A. 1974. Stratigraphy of the lower Paleogene of the Donets Basin. *Geologičnij žurnal*, **5**: 97–104. [In Russian]
- Moroz, S. A., E. B. Savron. 1975. Cenozoic seas of the Donets Basin. Kiev, Vyscha Shkola, 1–200. [In Russian]
- Murovcev, V. S. 1951. Stratigraphy and fauna of the Lower Eocene of the USSR (Kaniv Stage). Abstract of Dissertation. Leningrad, 1–17. [In Russian]
- Nalivkin, D. V. 1969. Hurricanes, storms and tornadoes: Geographic features and geological activity. Leningrad: Nauka, 1–487. [In Russian]
- Nara, M., K. Seike. 2019. Palaeoecology of *Macaronichnus segregatis degiberti*: Reconstructing the infaunal lives of the travisiid polychaetes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **516**: 284–294. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2018.12.011>
- Ochev, V. G., A. V. Ivanov, M. S. Arkhangelsky. 2004. Gastrolites of fossil animals. *Priroda*, **10**: 46–49. [In Russian]
- Palibin, I. V. 1901. Some data on plant remains from the white sands and quartz sandstones in southern Russia. *Proceedings of the Geological Committee*, **20** (8): 447–506. [In Russian]
- Palibin, I. V. 1908. Report on paleophytological research in south-eastern Russia in the summers of 1904 and 1905. *Materials on the geology of Russia*, **23**: 221–230. [In Russian]
- Pedrol De Freitas, G., H. Francischini, F. Tapajós de Souza Tãmega, P. Spotorno, P. Dentzien-Dias. 2020. On ex situ *Ophiomorpha* and other burrow fragments from the Rio Grande do Sul Coastal Plain, Brazil: paleobiological and taphonomic remarks. *Journal of Paleontology*, **94** (6): 1148–1164. <https://doi.org/10.1017/jpa.2020.29>
- Pemberton, S. G., J. A. MacEachern, K. L. Bann, M. K. Gingras. 2006. High-latitude versus low-latitude: Capturing the elusive signal using trace fossil suites from the ancient record. *American Association of Petroleum Geologists 2006 Annual Convention (Houston, Texas, 9–12 April 2006)*: 84.
- Pervushov, E. M., A. V. Ivanov, V. B. Seltser. 2004. New data on representatives of marine and subcontinental biota of the late Mesozoic and Cenozoic of the South-East of the Middle Russian paleobiogeographical province. *Izvestiya Saratov University. Earth Sciences*, **4** (1–2): 28–36. [In Russian]

- Philippe, M., S. McLoughlin, C. Strullu-Derrien, M. Bamford, S. Kiel, A. Nel, F. Thévenard. 2022. Life in the woods: Taphonomic evolution of a diverse saproxylic community within fossil woods from Upper Cretaceous submarine mass flow deposits (Mzamba Formation, southeast Africa). *Gondwana Research*, **109**: 113–133. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2022.04.008>
- Pickerrill, R. K., S. K. Donovan, R. W. Portell. 2003. *Teredolites longissimus* Kelly & Bromley from the Miocene Grand Bay Formation of Carriacou, the Grenadines, Lesser Antilles. *Scripta Geologica*, **125**: 1–9.
- Quiroz, L. I., L. A. Buatois, M. G. Mángano, C. A. Jaramillo, N. Santiago. 2010. Is the trace fossil *Macaronichnus segregatis* an indicator of temperate to cold waters? Exploring the paradox of its occurrence in tropical coasts. *Geology*, **38** (7): 651–654. <https://doi.org/10.1130/G30140.1>
- Rindsberg, A. K. 2018. Ichnotaxonomy as a science. *Annales Societas Geologorum Poloniae*, **88**: 91–110. <https://doi.org/10.14241/asgp.2018.012>
- Savrda, C. E. 1991. *Teredolites*, wood substrates, and sea-level dynamics. *Geology*, **19** (9): 905–908. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1991\)019<0905:TWSASL>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1991)019<0905:TWSASL>2.3.CO;2)
- Savrda, C. E., J. Counts, O. McCormick, R. Urash, J. Williams. 2007. Log-grounds and *Teredolites* in transgressive deposits, Eocene Tallahatta Formation (Southern Alabama, USA). *Ichnos*, **12** (1): 47–57. <https://doi.org/10.1080/10420940590914507>
- Savrda, C. E., D. T. King Jr. 1993. Log-ground and *Teredolites* lagerstätte in a transgressive sequence, Upper Cretaceous (Lower Campanian) Mooreville Chalk, central Alabama. *Ichnos*, **3** (1): 69–77. <https://doi.org/10.1080/10420949309386374>
- Savrda, C. E., K. Ozalas, T. H. Demko, R. A. Huchison, T. D. Scheiwe. 1993. Log-grounds and the ichnofossil *Teredolites* in transgressive deposits of the Clayton Formation (Lower Paleocene), western Alabama. *Palaios*, **8** (4): 311–324. <https://doi.org/10.2307/3515263>
- Savrda, C. E., Smith, M. W. 1996. Behavioral implications of branching and tube-lining in *Teredolites*. *Ichnos*, **4** (3): 191–198. <https://doi.org/10.1080/10420949609380126>
- Schlirf, M. 2000. Upper Jurassic trace fossils from the Boulonnais (northern France). *Geologica et Paleontologica*, **34**: 145–213.
- Schmeisser, R. L., T. P. Flood. 2008. Recognition of paleogastroliths from the Lower Cretaceous Cedar Mountain Formation, Utah using a Scanning Electron Microscope. *Ichnos*, **15** (2): 72–77. <https://doi.org/10.1080/10420940801909118>
- Seilacher, A. 1967. Bathymetry of trace fossils. *Marine Geology*, **5** (5–6): 413–428. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(67\)90051-5](https://doi.org/10.1016/0025-3227(67)90051-5)
- Sokolov, N. A. 1903. Geological research along the railway line: Tikhoretskaya–Tsaritsyn and Likhaya–Krivaya Muzga. *Proceedings of the Geological Committee*, **22**: 1–52. [In Russian]
- Stanislavskiy, F. A. 1956. On *Macclintockia* remains and the age of the Paleogene deposits in Ukrainian SSR. – *Botanicheskii Zhurnal*, **41**: 1188–1193. [In Russian].
- Strakhov, N. M. 1966. On some questions of silica geochemistry. In: Strakhov, N. M. (Ed.). *Geochemistry of Silica*. Moscow: Nauka, 5–8. [In Russian]
- Stratigraphic ... 1993. *Stratigraphic Scheme of Phanerozoic Formations of Ukraine for New Generation Geological Maps*. Graphic applications. Kyiv. [In Russian]
- Syabryai, V. T. 1963. Mineral resources. In: Syabryai, V. T. (Ed.). *Stratigraphy of the Ukrainian SSR. Vol. 9. Paleogene*. Publishing house of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, Kyiv, 252–268. [In Ukrainian]
- Tchoumatchenco, P. A. Uchman. 2001. The oldest deep sea *Ophiomorpha* and *Scolicia* and associated trace fossils from the Upper Jurassic–Lower Cretaceous deep-water turbidite deposits of SW Bulgaria. *Palaeoecology, Palaeoclimatology*, **169** (1–2): 85–99. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(01\)00218-8](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(01)00218-8)
- Ter, P. C., J. St. J. S. Buckeridge. 2012. *Ophiomorpha beaumarisensis* isp. nov., a trace fossil from the late Neogene Beaumaris Sandstone is the burrow of a thalassinidean lobster. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, **124** (3): 223–231.
- Tsekhovskiy, Yu. G. 2017. Participation of volcanism and hydrotherms in platform sedimentation of Cretaceous–Paleogene boundary epoch of destructive tectogenesis in Central Eurasia. Article 1. Paleogeography, products of volcanism and hydrothermal activity. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Geological Series*, **92** (4): 34–48. [In Russian]
- Turner, R. D. 1966. A survey and illustrated catalogue of the Teredinidae (Mollusca: Bivalvia). *Museum of Comparative Zoology*. Cambridge: Harvard University, 1–265.
- Turner, R. D. 1973. Wood-boring bivalves, opportunistic species in the deep sea. *Science*, **180** (4093): 1377–1379. <https://doi.org/10.1126/science.180.4093.1377>
- Turner, R. D., A. C. Johnson. 1971. Biology of marine wood-boring molluscs. In: Jones, E. B. G., S. K. Eltringham (Eds.). *Marine borers, fungi and fouling organisms of wood*. Organisation for Economic Cooperation and Development, 259–301.
- Uchman, A. 2001. Eocene flysch trace fossils from the Hecho Group of the Pyrenees, northern Spain. *Beringeria*, **28**: 3–41.
- Udovychenko N. I. 1997. On geological significance of redeposited shark teeth. *Biosphere and geological catastrophes*. Kyiv, 49. [In Russian]

- Udovychenko, N. I. 2009. Ichthyofauna and age of Paleogene sands in the area of Osynovo Village (Luhansk Region). *Fossil fauna and flora of Ukraine: paleoecological and stratigraphic aspects. Collection of scientific works of Geological Institute of NAS of Ukraine*. Kyiv, 255–261. [In Russian]
- Udovychenko, N. I. 2016. On some stratotypes of the pre-Kyiv Paleogene of the Donets Basin. *Materials of scientific and practical conference dedicated to V. P. Makridin's memory «Modern problems of geology» (Kharkiv, 27–28 May 2016)*. Kharkiv, 46–47. [In Russian]
- Udovychenko, N. I. 2019. On the Rogove Beds of the Paleogene of the central Donets Basin. *Materials of the international scientific conference and 39th session of the Paleontological Society of NAS of Ukraine «Paleontological studies of the Don-Dnipro Trough» (Hradyzk, 14–16 May 2019)*. Kyiv, 61–62. [In Russian]
- Udovychenko, M. I. 2021. On some shortcomings of the Stratigraphic scheme of the so called «pre-Kyiv» Paleogene of the central sector of the northern Donets Basin. *Abstracts of the scientific conference «Substantiation of the boundaries of stratigraphic units of the Phanerozoic of Ukraine for geological maps of the new generation» (Kyiv, 19 October 2021)*. Kyiv, 40–41. [In Ukrainian]
- Udovychenko, M. I. 2022. On the two new localities of Paleogene elasmobranch teeth of the north of Luhansk Region. *Abstracts of the scientific conference «Actual issues of stratigraphy of sedimentary basins of Ukraine: new ideas and priority directions of research» (Kyiv, 28–29 September 2022)*. Kyiv, 44–45. [In Ukrainian]
- Vikulin, S. V., D. V. Varenov, A. A. Konovalova. 2015. First record of the fern *Speirseopteris* (Thelypteridaceae) in the Paleocene of the Samara Region. *Phytodiversity of Eastern Europe*, **9** (3): 151–164. [In Russian]
- Vikulin, S. V., V. P. Morov. 2016. *Chamaecyparis belgica*, a conifer from the Paleocene Volga-South Urals province of the Gelinden paleofloristic region. *Phytodiversity of Eastern Europe*, **10** (1): 78–96. [In Russian]
- Vossler, S. M., S. G. Pemberton. 1988. *Skolithos* in the Upper Cretaceous Cardium Formation: an ichnofossil example of opportunistic ecology. *Lethaia*, **21** (4): 351–362. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3931.1988.tb01763.x>
- Vyalov, O. S. 1960. A new bird fossil track from the Miocene of Precarpathian. *Reports of the Academy of Sciences of the USSR*, **135** (5): 1237–1239. [In Russian]
- Vyalov, O. S. 1964. On the origin of *Cylindrites tuberosus* Eichwald from the Paleogene of Aral Sea Region. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Geological Series*, **39** (1): 163–167. [In Russian]
- Vyalov, O. S. 1966. Trace fossils and their paleontological significance. Kiev: Naukova Dumka, 1–164. [In Russian]
- Vyalov, O. S. 1989. Paleoichnologic etudes. *Paleontological Collection*, **26**: 72–78. [In Russian]
- Vyalov, O. S., V. A. Goretsky. 1964. On the Miocene *Rhizocorallium* of the Podillya Plate. *Geology and oil potential of the Volhyn-Podillya periphery of the Russian Platform*. Leningrad: Naukova Dumka, 135–141. [In Russian]
- Vyalov, O. S., K. K. Flerov. 1952. Fossil tracks of vertebrates from Tertiary deposits of Precarpathia. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Geological Series*, **28** (5): 80–88. [In Russian]
- Vyalov, O. S., K. K. Flerov. 1953. New reports on vertebrate footprints in the Dobrotovian Members of the Precarpathia. *Reports of the Academy of Sciences of the USSR*, **90** (3): 465–467. [In Russian]
- Vyalov, O. S., K. K. Flerov. 1954. New finds of vertebrate footprints in the Miocene of Precarpathia. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Geological Series*, **59** (2): 103–104. [In Russian]
- Vyalov, O. S., L. A., Nessov. 1974. Post-mortem injuries of the shells of some Early Cretaceous turtles by bone damaging organisms. *Paleontologicheskii Sbornik*, **11**: 99–103. [In Russian]
- Wetzel, A., I. Blechschmidt, A. Uchman, A. Matter. 2007. A highly diverse ichnofauna in Late Triassic deep-sea fan deposits of Oman. *Palaios*, **22** (5): 567–576. <https://doi.org/10.2110/palo.2006.p06-098r>
- Wilson, J. L. 1980. Carbonate facies in geological history. Moscow: Nedra, 1–463. [In Russian]
- Wilson, M. A., T. J. Palmer. 1998. The earliest *Gastrochaenolites* (early Pennsylvanian, Arkansas, USA): an Upper Paleozoic bivalve boring? *Journal of Paleontology*, **72** (4): 769–772.
- Wings, O. 2007. A review of gastrolith function with implications for fossil vertebrates and a revised classification. *Acta Palaeontologica Polonica*, **52** (1): 1–16.
- Wings, O. 2012. Gastroliths in coprolites – a call to search! In: Hunt, A., J. Milàn, S. G. Lucas, J. A. Spielmann (Eds). *Vertebrate Coprolites. New Mexico Museum of Natural History and Science*, **57**: 73–77.
- Zelinskaya, V. A. 1983. On the Buchak Formation, its mollusks and the middle Eocene of Ukraine. *Fossil fauna and flora of Ukraine*. Kyiv: Naukova Dumka, 54–59. [In Russian]
- Zosimovich, V. Yu., T. V. Shevchenko. 2015. Paleogene deposits of the Northern Ukraine paleosedimentary province. *Collection of scientific works of the IGS NAS of Ukraine*, **8**: 68–121. [In Ukrainian] <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2015.146712>
- Zubkovich, M. E. 1985. Buchakian mollusk assemblage of Sivers'kyi Donets River Basin. *Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR*, **1**: 125–127. [In Russian]
- Zvonok, E., M. Udovychenko, A. Bratishko. 2012. The locality of Eocene vertebrates Ikove (Luhansk Region, Ukraine): ecologo-taphonomic analysis. *Paleontological Collection*, **44**: 113–128. [In Ukrainian]