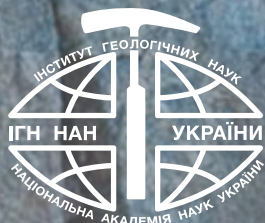


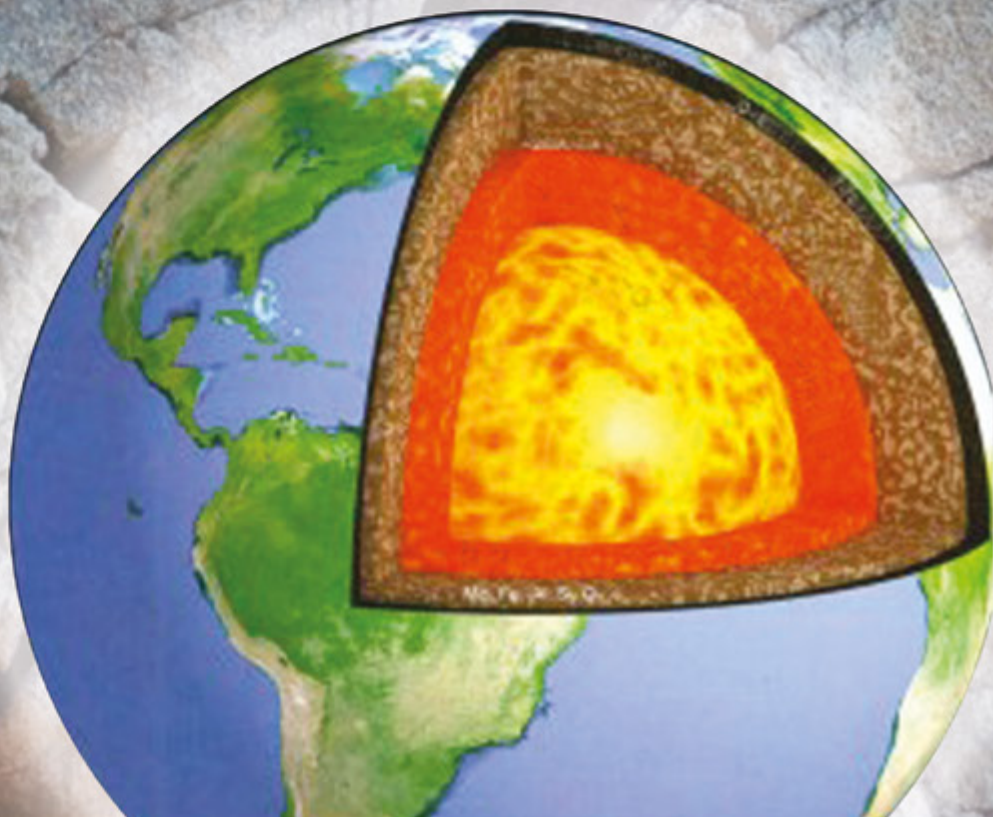
ISSN 1025-6814 (Print)
ISSN 2522-4107 (Online)

ГЕОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ



GEOLOGIČNÍJ ŽURNAL

1 (386)
2024



ЗАСНОВНИКИ:

Національна академія наук України
Інститут геологічних наук НАН України

ВИДАВЕЦЬ:

Інститут геологічних наук НАН України

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ**Головний редактор**

НЕМИРОВСЬКА Т.І. (Інститут геологічних наук
НАН України, Київ, Україна)

Заступник головного редактора

ШЕХУНОВА С.Б. (Інститут геологічних наук
НАН України, Київ, Україна)

АНИСТРАТЕНКО О.Ю. (Інститут зоології
ім. І. І. Шмальгаузена НАН України, Київ, Україна)

БАЯРИ С. (Університет Хасеттепе, Анкара, Туреччина)

БУГАЙ Д.О. (Інститут геологічних наук НАН України,
Київ, Україна)

ДИКАНЬ Н.І. (Інститут геологічних наук НАН України,
Київ, Україна)

ДУБЛЯНСЬКИЙ Ю.В. (Інститут геології і палеонтології
Університету Інсбрука, Інсбрук, Австрія)

КОМАР М.С. (Національний науково-природничий
музей НАН України, Київ, Україна)

КРИВДІК С.Г. (Інститут геохімії, мінералогії та
рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, Київ,
Україна)

МАЛИК ПИТЕР (Відділ гідрогеології та геотермальної
енергії Геологічної служби Словацької Республіки,
Братислава, Словацька Республіка)

МАРКС ЛЕШЕК (Варшавський університет, Варшава,
Польща)

ОЛЬШТИНСЬКА О.П. (Інститут геологічних наук
НАН України, Київ, Україна)

ПЕРИТ ТАДЕУШ МАРЕК (Державний геологічний
інститут, Варшава, Польща)

РІДУШ Б.Т. (Чернівецький національний університет
ім. Федьковича, Чернівці, Україна)

РЯБОКОНЬ Т.С. (Інститут геологічних наук
НАН України, Київ, Україна)

ТЕМОВСКИ М. (Дослідницький центр ізотопної
кліматології та навколишнього середовища
Інституту ядерних досліджень Угорської Академії
наук, Дебрецен, Угорщина)

ФАЙБИШЕНКО Б. (Національна лабораторія
Лоуренса Берклі, Відділ наук про Землю та
навколишнє середовище, Берклі, Каліфорнія, США)

FOUNDERS:

National Academy of Science of Ukraine
Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine

EDITOR:

Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine

EDITORIAL BOARD**Editor-in-Chief**

NEMYROVSKA T.I. (Institute of Geological Sciences
of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine)

Deputy Editor-in-Chief

SHEKHUNOVA S.B. (Institute of Geological Sciences
of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine)

ANISTRATENKO O.Yu. (I.I. Schmalhausen Institute
of Zoology of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine)

BAYARI S. (Hacettepe University, Ankara, Turkey)

BUGAY D.O. (Institute of Geological Sciences
of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine)

DYKAN N.I. (Institute of Geological Sciences of NAS
of Ukraine, Kyiv, Ukraine)

DUBLYANSKY Yu.V. (Institute of Geology and
Palaeontology, Innsbruck University, Innsbruck, Austria)

KOMAR M.S. (National Museum of Natural History
of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine)

KRYVDIK S.G. (M.P. Semenenko Institute of
Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS
of Ukraine, Kyiv, Ukraine)

MALIK PETER (Department of Hydrogeology &
Geothermal Energy, ŠGÚDŠ — Geological Survey
of Slovak Republic, Bratislava, Slovak Republic)

MARKS LESZEK (University of Warsaw, Warsaw, Poland)

OLSHTYNSKA O.P. (Institute of Geological Sciences
of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine)

PERYT TADEUSZ MAREK (State Geological Institute,
Warsaw, Poland)

RIDUSH B.T. (Fedkovich Chernivtsy National University,
Chernivtsy, Ukraine)

RYABOKON T.S. (Institute of Geological Sciences
of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine)

TEMOVSKI M. (Isotope Climatology and Environmental
Research Centre, Institute for Nuclear Research,
Debrecen, Hungary)

FAYBISHENKO B. (Lawrence Berkeley National
Laboratory, Earth and Environmental Sciences Area,
Berkeley, CA, USA)

Ідентифікатор друкованого медіа в Реєстрі суб'єктів у сфері медіа R30-03389, присвоєний згідно з рішенням №751 від 14.03.2024 р. Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення

Рекомендовано до друку редакційною колегією журналу

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції серія ДК № 4631 від 14.10.2013 р.

ГЕОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ



GEOLOGIČNII
ŽURNAL

1 (386)
2024

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
ЗАСНОВАНИЙ
У БЕРЕЗНІ 1934 РОКУ
ВИХОДИТЬ 4 РАЗИ НА РІК
КИЇВ

Зміст

Дослідницькі та оглядові статті

- Дернов В.С., Поletaev В.І.* Нові дані про геологію та палеонтологічну характеристику дяковської серії (карбон) Центрального Донбасу (Україна) **3**
- Шабалін Б.Г., Ярошенко К.К., Міцюк Н.Б.* Вплив іонів Ca^{2+} на елементний склад та сорбційну здатність щодо ^{137}Cs черкаських бентонітів (Україна) **22**
- Шевченко О.Л., Лободзінський О.В., Наседкін І.Ю., Чорноморець Ю.О., Шклярєнко В.В.* Розчленування гідрографів річок з урахуванням даних гідрогеологічних спостережень **32**
- Гнилко О.М., Муровська А.В., Богданова М.І.* Структурне положення та поширення нижньокрейдових чорносланцевих відкладів у межах Сілезького покриву Українських Карпат **47**
- Шлапінський В.Є., Лазарук Я.Г., Попп І.Т., Гавришків Г.Я.* Літолого-стратиграфічні особливості нижньокрейдових відкладів Скибового і Дуклянсько-Чорногорського покривів Українських Карпат та перспективи їхньої нафтогазоносності **62**

Із історії науки

- Старостенко В.І., Коболев В.П.* До 60-річчя Відділення наук про Землю НАН України. Частина 2. Хронологія становлення і розвитку Відділення наук про Землю АН УРСР (1963–1991 рр.) **81**
- Доротяк Ю.Б., Клименко Ю.В., Супрун І.С.* Пам'яті знаної української вченої, стратиграфа-мікропалеонтолога Діни Маркіянівни П'яtkової (20 січня 1932 – 17 травня 2023) **105**

Втрати науки

- Шехунова С.Б.* Пам'яті видатного науковця академіка НАН України Вячеслава Михайловича Шестопалова (18 липня 1936 – 10 грудня 2023) .. **115**

Contents

Research and Review Papers

- Dernov V.S., Poletaev V.I.* New geological and palaeontological data of the Dyakove Group (Carboniferous) and age-related rock formations of the Central Donets Basin, Ukraine. **3**
- Shabalin B.H., Yaroshenko K.K., Mitsiuk N.B.* Influence of pH and Ca^{2+} Ions on Chemical Composition and Sorption of ^{137}Cs by Cherkasy Bentonites (Ukraine) **22**
- Shevchenko O.L., Lobodzinskiy O.V., Nasedkin I.Yu., Chornomorets Yu.O., Shkliarenko V.V.* Decomposition of river hydrographs taking into account data of hydrogeological observations **32**
- Hnylko O.M., Murovska A.V., Bohdanova M.I.* Structural position and distribution of the Lower Cretaceous blackshale deposits within the Silesian Nappe of the Ukrainian Carpathians **47**
- Shlapinskiy V.Ye., Lazaruk Ya.H., Popp I.T., Havryshkiv H.Ya.* Litho-stratigraphic features of the Lower Cretaceous deposits of the Skyba and Dukla-Chornogora nappes of the Ukrainian Carpathians and prospects for their oil and gas potential **62**

From the History of Science

- Starostenko V.I., Kobolev V.P.* To the 60th anniversary of the Department of Earth Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine. Part 2. Chronology of the formation and development of the Department of Earth Sciences of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR (1963–1991) **81**
- Dorotiak Yu.B., Klymenko Yu.V., Suprun I.S.* In memory the well-known Ukrainian scientist, stratigrapher-micropaleontologist Dina Markiiianivna Pyatkova (January 20, 1932 – May 17, 2023) **105**

Losses of Science

- Shekhunova S.B.* Tribute to Vyacheslav Mykhailovych Shestopalov, prominent scientist Academician of the NAS of Ukraine (18 July 1936 – 10 December 2023) **115**

Адреса редакції:

01601 Київ-54, вул. О. Гончара, 55-б
Інститут геологічних наук НАН України
Тел: 486-38-76
E-mail: geojournal@igs-nas.org.ua

Відповідальний секретар Н.І. Дугіна

Редактор І.І. Смаль

Технічний редактор С.О. Шадріна

Комп'ютерна верстка Н.К. Резнік

Підп. до друку 25.03.2024 р. Формат 60 × 84/8.
Гарн. Fira Sans.

<https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.285644>
UDC 551.735.1.02(47)+(477.6)

E-mail: vitalydernov@gmail.com;
vlad_poletaev@ukr.net
*Corresponding author /
Автор для кореспонденції:
[V.S. Dernov, vitalydernov@gmail.com](mailto)

Received / Надійшла до редакції:
06.08.2023

Received in revised form /
Надійшла у ревізованій формі:
15.11.2023

Accepted / Прийнята:
19.02.2024

Keywords: marine fauna; terrestrial plants; Carboniferous; Dyakove Group; Donets Basin.

Ключові слова: морська фауна; наземна флора; карбон; дяковська серія; Донецький басейн.

New geological and palaeontological data of the Dyakove Group (Carboniferous) and age-related rock formations of the central Donets Basin, Ukraine

V.S. Dernov*, V.I. Poletaev

Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Нові дані про геологію та палеонтологічну характеристику дяковської серії (карбон) Центрального Донбасу (Україна)

V.S. Dernov*, V.I. Poletaev

Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна

New finds of fossil assemblages of brachiopods, mollusks, crinoids, arthropods and fishes, as well as terrestrial plants from a part of the Dyakove Group, which corresponds to the coal-bearing Mandrykyne Formation and the lower part of the Mospyne Formation and is exposed in the southern part of the Luhansk Region, were studied. For the first time, a brachiopod assemblage consisting of species of the genera *Crurithyris*, *Tiramnia*, *Alphachoristites*, *Lissochonetes* were identified in these rocks. In addition, phyllocarids and impressions of terrestrial plants of the genera *Halonia*, *Calamites*, *Pinnularia*, *Paripteris*, *Eusphenopteris*, *Artisia* and *Cordaites* were found in the Dyakove Group for the first time. Bivalves and gastropods in the studied collection are represented by the genera *Phestia*, *Palaeoneilo*, *Nuculavus*, *Solenomorpha*, *Sanguinolites*, *Posidoniella*, *?Euchondria*, *?Nodospira*, *Euphemites*, *Retispira*, *Glabrocingulum*, *Rhineoderma*, *Angyomphalus*, and *Naticopsis*. Cephalopods are represented by the species of the genera *Gzheloceras*, *?Pseudogzheloceras*, *Melvilloceras*, *Retites*, *Gastrioceras* and *?Owenoceras*. In addition to the above groups, the rocks also contain the crinoids *Platyplateium*, *Platycrinites*, *?Unilineatocrinus* and *Bicostulatocrinus* as well as fragments of fin spines of acanthodians *Gyracanthidae* indet. and isolated unidentified fish scales.

© Видавець Інститут геологічних наук НАН України, 2024. Стаття опублікована за умовами відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

© Publisher Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, 2024. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Citation: Dernov V.S., Poletaev V.I. 2024. New geological and palaeontological data of the Dyakove Group (Carboniferous) and age-related rock formations of the central Donets Basin, Ukraine. *Geologičnij žurnal*, 1 (386): 3–21. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.285644>

Цитування: Дернов В.С., Полетаєв В.І. Нові дані про геологію та палеонтологічну характеристику дяківської серії (карбон) Центрального Донбасу (Україна). *Геологічний журнал*. 2024. № 1 (386). С. 3–21. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.285644>

Introduction

In the central part of the Donets Basin of eastern Ukraine (i.e., in the Kovpakove-Nagol'chyk Zone *sensu* Poletaev et al. (1991)), a rhythmic shale sequence with rare sandstone beds of the Dyakove Group is exposed (Reznikov, 1978, 1987, 1993). Palaeontological features of these deposits are insufficient compared to the same-aged Carboniferous paralic coal-bearing strata of the northern and southern parts of the Donets Basin, as fossils are quite rare here (Novik, 1939; Reznikov, 1987; Dernov, 2016, 2023a, b).

The insufficient state of palaeontological study of the lithologically monotonous Dyakove Group prevents a more detailed subdivision of this stratigraphic unit and also reduces the reliability of reconstructions of depositional environments of these deposits. Despite the fact that the record of the Carboniferous marine fauna and terrestrial plants in these deposits have been known for almost 100 years (Novik, 1939), in recent decades there have been unfounded claims about the Triassic and Jurassic age of the group (Ulanovskaya et al., 2013) based only on the lithological similarities between this unit and the Triassic–Jurassic flysch of the Crimean Mountains (southern Ukraine).

It should be noted that rocks under consideration have a significant mineral resource potential, e.g. in the hydrocarbon, polymetallic ores and native gold and silver (Reznikov, 1993; Lukin, 2011, 2013). In addition, they play an important role in the geological structure of the central part of the Donets Basin and Dnipro-Donets Depression, as they form a significant part of the Mississippian and Lower Pennsylvanian strata here (Poletaev et al., 1991; Nemyrovska and Yefimenko, 2013). It is likely that the Mississippian, Lower and Middle Pennsylvanian shale-dominated deposits have a much wider geographical distribution. According to Dubinsky (1982: Fig. 1), they form a narrow sublatitudinal belt that extends at least from the platform part of the Crimean Peninsula in the west to the Caspian region in the east.

To expand the palaeontological characteristics of the Dyakove Group and details the sedimentation conditions of these deposits, the first author studied sections of this unit during field seasons of 2010–2013. The results of the study of new finds of brachiopods, bivalves, cephalopods and representatives of some other fossil groups in the Dyakove Group are presented here. Some results of the study of palaeontological materials were already

published (Dernov, 2016, 2023a, b). The aim of this paper is to outline the taxonomic composition of the fossil assemblages from the Dyakove Group and to discuss their stratigraphic and palaeoecological significance.

Geological setting

Dyakove Group is exposed in the partly eroded Pivnichna, Golovna and Pivdenna anticlines of the Linear Folding Zone of the so-called Folded Donets Basin (Reznikov, 1993). The main research area is located on the northern periphery of the outcrop area of these deposits, where the first author studied nine fossil sites (Fig. 1, a–c); only one fossil site is located in the stratotype area of the group in the Nagol'nyi Ridge in the southern part of the Luhansk Region.

The Dyakove Group is composed of a sequence of shales and siltstones (80–90 % of the section thickness) with rare sandstone beds; a few thin coal and limestone layers do not play a significant role in the composition (Fissunenکو and Reznikov, 1985). The thickness laterally ranges from 1900 to 3310 m (Fissunenکو and Reznikov, 1985; Reznikov, 1993) or even more than 6000 m (Reznikov, 1978; Poletaev et al., 1991) (see Fig. 1, d).

The sedimentary rocks, especially those exposed in the Golovna Anticline, are enriched in the organic carbon (1.2 to 2.3 % in shales) (Fissunenکو and Reznikov, 1985). Therefore, these rocks are carbon-poor black shales according to the classification of Yudovich and Ketris (1988).

Shales are predominantly black (Fig. 2, f), composed of the carbonaceous thinly scaly quartz-chlorite-sericite basic mass, in which grains of quartz, rarely plagioclase and mica are evenly scattered. Depending on the prevailing material, interlayers of quartz-sericite, quartz-carbonate, sericite-chlorite-quartz and carbonaceous-chlorite-quartz and so on are distinguished in shales (Fissunenکو and Reznikov, 1985).

Sandstones are predominantly grey, fine- to medium-grained, massive and horizontally and wavy-bedded. The clastic material is angular-rounded, semi-rounded, and consists of the quartz (75–95 %), feldspar (2–3 %), muscovite (3–5 %), chlorite (1–5 %), sericite (up to 5 %), and carbonates (5–10 %). Feldspar is represented by acidic plagioclase. Zircon, ilmenite, rutile, apatite predominate among accessory minerals. Tourmaline, chromite, monazite, sphene also occur. Inclusions of irregularly distributed plant-generated organic matter (3–15 %) are

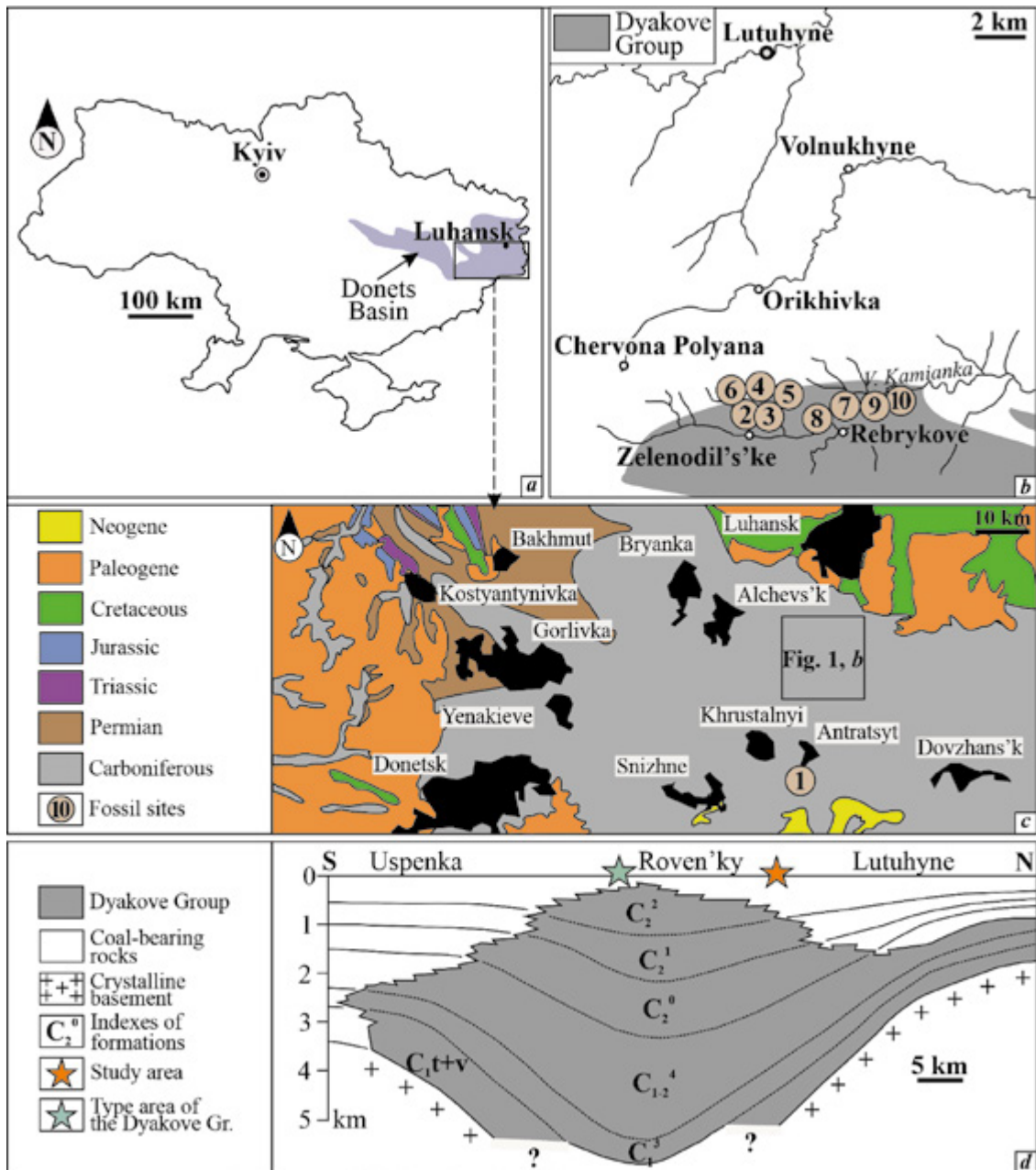


Fig. 1. Geographical location of the studied sections (a–c) and lateral replacement of the rocks of the Dyakove Group by the coal-bearing strata (d) (modified from Poletaev et al. (1991: Fig. 6)). Abbreviation of the lithostratigraphic units in Fig. 1, d: C_1^{t+v} – Tournaisian and Viséan strata (not subdivided), C_{s_1} – lower Serpukhovian strata, C_{s_2} – upper Serpukhovian strata, C_2^0 – age analogue of the Amvrosiyivka Fm., C_2^1 – age analogue of the Mandrykyne Fm., C_2^2 – age analogue of the Mospyne Fm.

sometimes occur (Fissunenکو and Reznikov, 1985; Reznikov, 1987; Reznikov et al., 1989).

Sandstone beds occur as thin (5 to 20 cm thick) layers within shales, but sometimes form thick beds, 5–25 m in thickness. The bedding is usually present in the lower and upper parts of these beds, while in the middle part the beds are usually massive. Lower and upper contacts of the beds are gradual (Reznikov, 1987; Reznikov et al., 1989). Characteristic features of sandstones and, less often, siltstones are microbially-induced sedimentary structures (see Fig. 2, a, b, d) and small submarine

slumpings (Reznikov and Lobanov, 1973; Dernov, 2013) (see Fig. 2, c, e, g).

Limestones form very rare layers, no more than 5–10 cm thick. They are usually dark grey and consist of calcite with an admixture of the iron carbonate (siderite and ankerite). The organic matter content in limestone reaches 0.15–0.40 % (Reznikov, 1987; Reznikov et al., 1989).

In the most recent reports on the Carboniferous stratigraphy of Ukraine (Nemyrovskaya and Yefimenko, 2013; Poletaev and Vdovenko, 2013), the age of the Dyakove Group was interpreted as

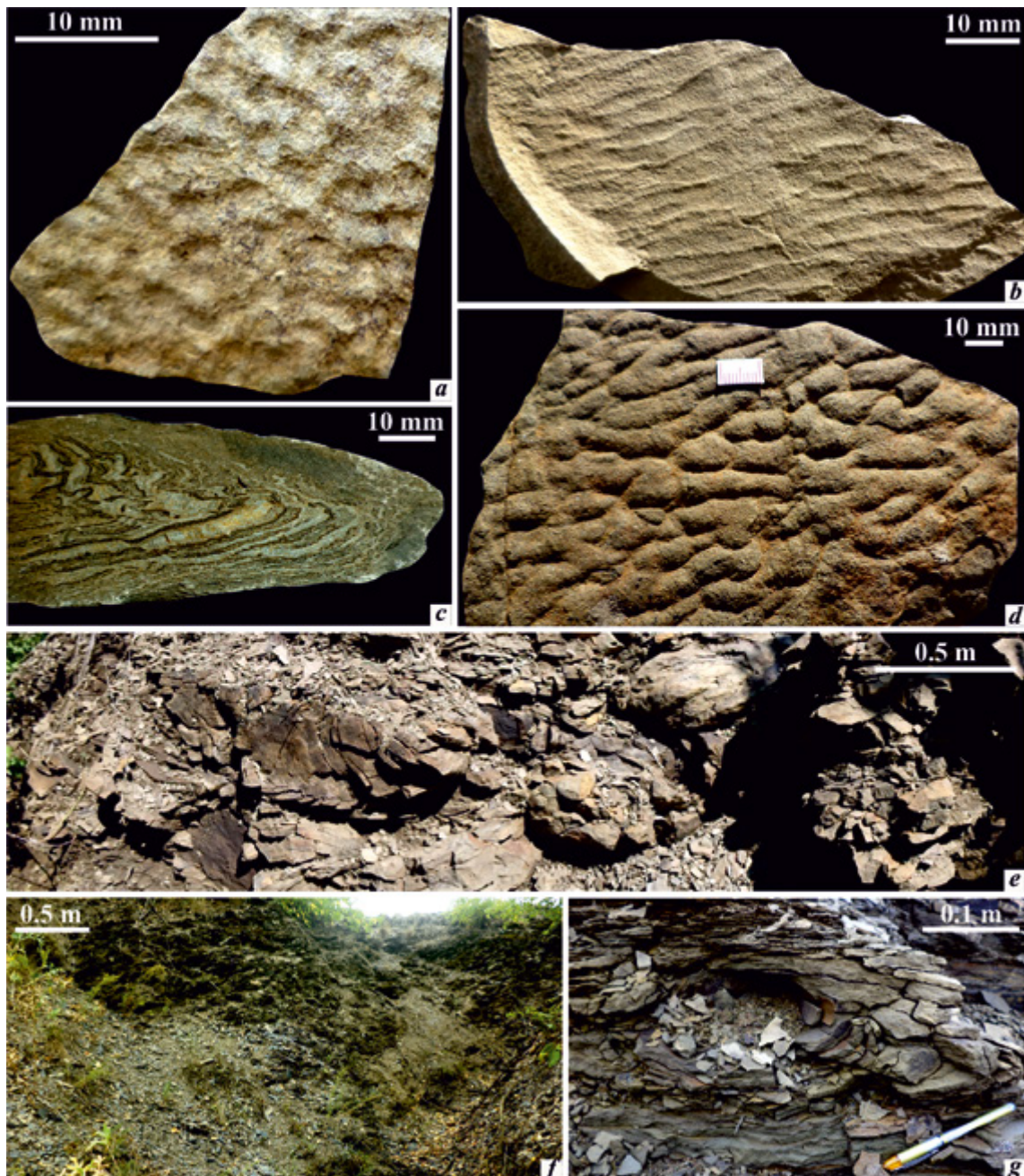


Fig. 2. Some lithological features of the Dyakove Group: *a, b, d* – microbially-induced sedimentary structures (*a* – age equivalent of the Mospyne Formation, 1 km NE of the village of Rebykove; *b, d* – age equivalent of the Mandrykyne Formation, 2 km E of the village of Zelenodil's'ke); *c, e, g* – submarine slumpings (*c* – age equivalent of the Mospyne Formation, 1 km NE of the village of Rebykove, *e* – age equivalent of the Mospyne Formation, 4 km E of the village of Makedonivka; *g* – age equivalent of the Mospyne Formation, 1 km NE of the village of Rebykove); *f* – black shales, typical rocks of the Dyakove Group (1 km W of the village of Rebykove)

Serpukhovian to Bashkirian, but its upper boundary is heterochronous and varies from the late Viséan to the early late Bashkirian (Reznikov, 1993) (see Fig. 1, *d*). In the stratotype section, located south of the town of Antratsyt in the Luhansk Region, its upper boundary is at the base of a thick alluvial sandstone bed above the H_1 limestone layer of the late Bashkirian Smolyanynivka Formation (Fig. 3). The lower boundary is not recorded in the stratotype (Reznikov, 1993), but in the Bobrykove-1 reference borehole (village of Bobrykove,

Antratsyt District), which exposed a 2910-m-thick shale sequence, several Viséan–early Namurian bivalve taxa were found in a depth interval of 1800–2400 m; spores typical for the upper Viséan strata of the southern Donets Basin has been found at the depth 2491–2493 m (Reznikov et al., 1989). Thus, in a stratotype area, lower boundary reaches at least the base of the late Viséan.

In the study area (upper reaches of the Velyka Kamianka river), the upper boundary is located in the stratigraphic interval corresponding to the

System	Subsystem	Stage	Lithostratigraphic unit
		CARBONIFEROUS	PENNSYLVANIAN
Kasimovian	Avilovka Fm.		
	Isayivka Fm.		
Moscovian	Gorlivka Fm.		
	Almazna Fm.		
	Kamenskaya Fm.		
Bashkirian	Belaya Kalitva Fm.		
	Smolyanyivka Fm.		
	Mospyne Fm.		
	Mandrykyne Fm.		
MISSISSIPPIAN	Serpukhov.	Amvrosiyivka Fm.	
		Kalmius Fm.	
	Viséan	Samara Fm.	
		Mezhova Fm.	
Tournaisian	M. Volnovakha Gr.		

Fig. 3. Carboniferous stratigraphy of the Donets Basin. Abbreviations: M. Volnovakha Gr. – Mokra Volnovakha Group, Mississip. – Mississippian, Serpukhov. – Serpukhovian

lower half of the coal-bearing Mospyne Formation (early late Bashkirian) (Dernov, 2022b). This area is characterised by rapid lateral replacement of the Dyakove Group in the northern and northwestern directions by the coal-bearing Amvrosiyivka, Mandrykyne and Mospyne formations (see Fig. 1, d). In this regard, due to a wider range of rock types and, accordingly, depositional conditions, the section of the group has a more variegated appearance here compared to its stratotype area.

Rare and poorly preserved terrestrial plants, e.g. *Mesocalamites ramifer* (Stur) Hirmer, 1927, *M. cistiformis* (Stur) Hirmer, 1927, *M. sp.*, *Calamites sukowii* Brongniart, 1828, *C. cistii* Brongniart, 1828, *C. carinatus* Sternberg, 1823, *C. sp.*, *Sphenophyllum tenerrimum* (Ettingshausen) Stur, 1877, *S. sp.*, *Lepidodendron obovatum* Sternberg, 1820, *L. ophiurus* Brongniart, 1828, *Sigillaria (Eusigillaria) elegans* Brongniart, 1828, *Stigmaria ficoides* Sternberg, 1822, *Syringodendron sp.*, *Cordaites principalis* (Germar) Geinitz, 1855, *C. sp.*, *Artisia approximata* (Brongniart) Corda in Sternberg, 1838 and *Paripteris gigantea* (Sternberg) Gothan, 1941 were identified from these rocks by Novik (1939, 1968) and Fissunenکو (1964).

Remains of poorly preserved rugose corals, brachiopods, bivalves, gastropods, cephalopods, crinoid stems and a single insect body impression are also known (Novik, 1939; Reznikov et al., 1989; Dernov, 2016). However, it is impossible to verify the correctness of Novik’s and Sergeeva’s (in Reznikov et al., 1989) identification of fossils, as these specimens are not figured and are probably lost.

Formally, some of the ammonoids described by Popov (1979) originate from the Dyakove Group, as their localities are in the outcrop area of this lithostratigraphic unit showed by Reznikov (1993: Fig. 1). Among these are the ammonoids *Stenopronorites sp.*, *Cancelloceras cancellatum* Bisat, 1923, *C. delicatum* Librovitch in Popov, 1979, *C. solidum* Popov, 1979 and *C. tenerum* Popov, 1979 from the E₈ and E₉ limestone layers (Amvrosiyivka Formation), exposed at the slopes of the Dubova ravine near the village of Dmytrivka (16 km south of the town Khrustal’nyi in the Luhansk Region), as well as *Bilinguites pavlovensis* Popov, 1979, *Paraverneuilites linter* Popov, 1979, *Cancelloceras infans* Popov, 1979 and *C. sp.* from the F₂ limestone layer (Mandrykivka Formation) near the village of Miusyns’k (former Novopavlovka near the town of Khrustal’nyi).

Numerous trace fossils, including ichnogenera *Alcyonidiopsis*, *Arborichnus*, *Aulichnites*, *Chondrites*, *Diplichnites*, *Glockerichnus*, *Gordia*, *Hankoichnus*, *Helminthopsis*, *Lockeia*, *Monocraterion*, *Nereites*, *Palaeophycus*, *Phycosiphon*, *Planolites*, *Protovirgularia*, *Rhizocorallium*, *Rusophycus*, *Skolithos*, and *Zoophycos* were collected by the first author (Dernov, 2023a, b and some unpublished data). Less diverse trace fossil assemblage was studied by Fissunenکو et al. (1984), Tatoli and Fissunenکو (1987) and Tatoli (1990) from several boreholes located in the stratotype area of this unit.

The views on the depositional conditions of described rocks proposed by previous researchers (e.g., Reznikov and Lobanov, 1973; Fissunenکو and Reznikov, 1985; Ischenko et al., 1993; Fissunenکو, 2001) should be revised, as they are based mainly on the points of view that prevailed in the Soviet geology regarding the depositional conditions of the flysch successions and related rock associations, which also included the Dyakove Group according to Fissunenکو et al. (1984), Reznikov (1987, 1993), Tatoli and Fissunenکو (1987). Probably, these rocks are a complex of (?)subaqueous deltaic and prodeltaic deposits common in the marginal parts of the palaeobasin, as well as predominantly

black shale succession of the starved paleobasin with low sedimentation rate, which are distributed in its central part (Fig. 4).

These two facies zones probably correspond to the two types of sections identified by Reznikov et al. (1989). The first is represented by shales and siltstones with laterally unconformable sandstone beds (up to 40 % of the section thickness) and very rare thin coal layers, as well as signs of the sedimentation rhythmicity, which is typical for the coal-bearing paralic strata of the Donets Basin. The second is a monotonous black shale sequence with rare siltstone and sandstone beds (up to 4 m thick) (Reznikov et al., 1989). It is likely that these two types of sections, which laterally replace each other, can be attributed to two different formations, but this issue requires further research, which is not possible at this time.

In the northern Donets Basin (starting from the Northern Small Folding Zone), these rocks are replaced by a paralic succession accumulated mainly in a large alluvial-deltaic plain, which was flooded periodically by the warm epicontinental seas (see Fig. 4).

Material and methods

The studied collections include about 100 poorly preserved specimens (Table 1). Shells of mollusks and brachiopods are usually crushed, leached and replaced by the limonite or secondary calcite; crinoid stems are leached and represented by impressions, etc. Remains of terrestrial plants are represented mainly by impressions of pinnules, leaves, roots and stem casts. Due to poor preservation, many of the studied fossils are identified in the open nomenclature. Brachiopods were studied by the second author (VP) and all other fossils were examined by the first author (VD). The correlation of fossiliferous rocks with the Bashkirian coal-bearing formations of the Donets Basin, and hence the determination of the stratigraphic position of the fossil sites, is based mainly on the tracing of marker levels (e.g., limestone layers, coal seams and rarely sandstone beds) or rocks that laterally replace them (e.g., interlayers of carbonate concretions).

The key for the description of Palaeozoic ammonoid species proposed in the work of Korn (2010) is used here. The abbreviations used in the ammonoid

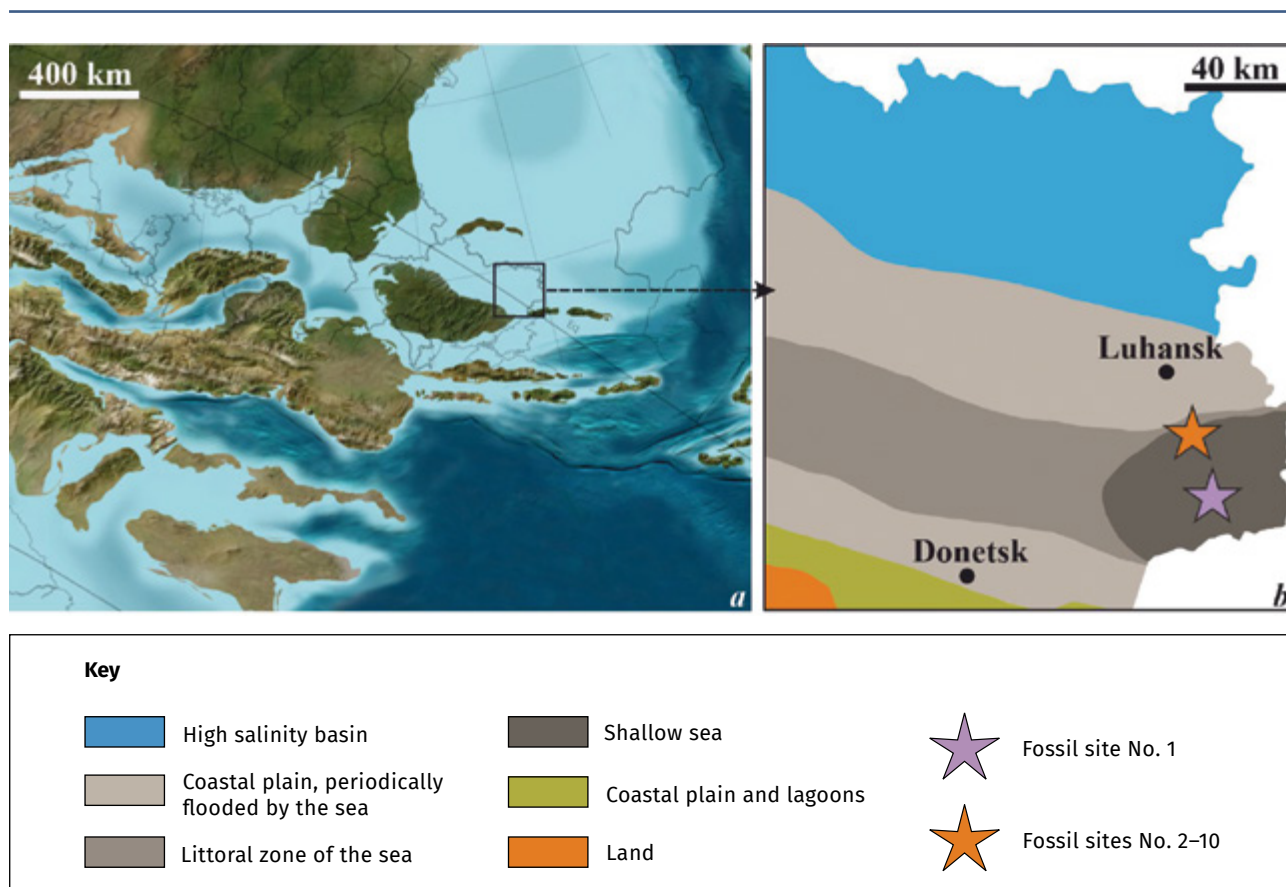


Fig. 4. Bashkirian palaeogeography of eastern Ukraine (c – palaeogeographic map of Europe in the Pennsylvanian (<https://deeptimemaps.com>), d – Bashkirian palaeogeography of the Donets Basin (modified from (Ischenko et al., 1993: Fig. 33)

species description are: dm = conch diameter, wh = whorl height, ww = whorl width, uw = umbilical width; whorl expansion rate (WER) = $(dm_1/dm_2)^2$ or $[dm_1/(dm_1-ah)]^2$, imprint zone rate (IZR) = wh_1-ah/wh_1 or $(wh_1-(dm_1-dm_2))/wh_1$ (Korn, 2010; Korn and Klug, 2012).

Studied fossil sites

The studied fossils were found at ten stratigraphic levels, which are briefly described below.

(1) Black shale with large carbonate nodules, laterally replaced by the F_1 limestone layer (basal

layer of the Mandrykyne Formation). It is exposed in an old polymetallic ore mine near the village of Yesaulivka, south of the town of Antratsyt in the Luhansk Region. The carbonate nodules contain the ammonoid *Retites* sp. (see “Systematic palaeontology” section). The black shale also contains the phyllocarid resting traces *Hankoichnus bandersnatchi* Dernov, 2023a (Fig. 5, *g*) and poorly preserved phyllocarid body fossils (Fig. 6, *l*).

(2) Siderite nodules in the shales corresponding to the middle part of the Mandrykyne Formation, exposed near the village of Zelenodil’s’ke.

Table 1. Studied material

Collection	Fossil group/taxa	Place of storage
IGS NASU-4	Cephalopods	Department of Stratigraphy and Palaeontology of Paleozoic Sediments of the Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, Kyiv
IGS NASU-7		
IGS NASU-10		
NMNHU-G 6544	Brachiopods	Department of Geology of the National Museum of Natural History, NAS of Ukraine, Kyiv
GMLNU-5	Trace fossils	Geological Museum of the Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava
GMLNU-12		
GMLNU-15		
GMLNU-16		

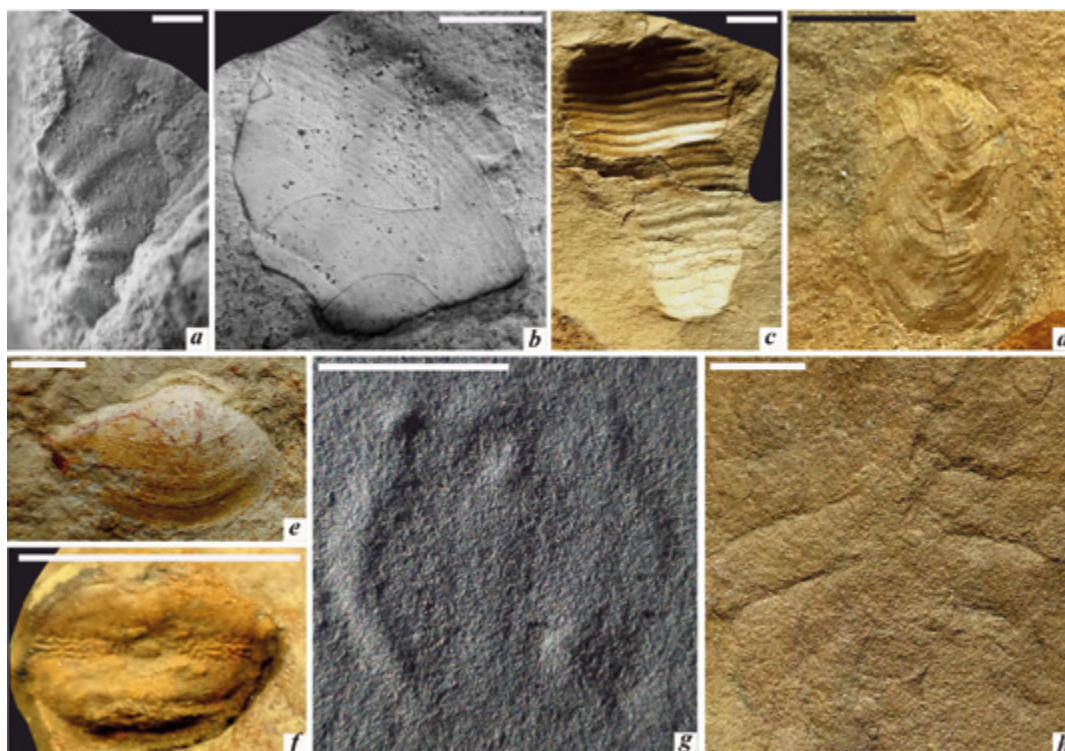


Fig. 5. Some body fossils and trace fossils from the Dyakove Group: *a* – ?*Pseudogzheloceras* sp. (IGS NASU-4/10; 8); *b* – ?*Owenoceras* sp. (IGS NASU-7/1367; 6); *c* – ammonoid shell impression (unnumbered; south of the village of Zelenodil’s’ke); *d* – *Selenimyalina minor* (Brown, 1841) (GMLNU-15/01; 9); *e* – *Phestia* sp. (GMLNU-15/09; 6); *f* – *Platyplateium texanum* Moore & Jeffords, 1968 (GMLNU-15/06; 3); *g* – trace fossil *Hankoichnus bandersnatchi* Dernov, 2023a (GMLNU-12/01; 1); *h* – trace fossil *Arborichnus repetitus* Romano & Meléndez, 1985 (GMLNU-5/5853; Skelevata Ravine, below the G1 limestone layer). The fossiliferous stratigraphic level numbers are in brackets, after the specimen number. Scale bars = 5 mm



Fig. 6. Some fossils from the Dyakove Group: *a* – *Calamites suckowii* Brongniart, 1828 (GMLNU-15/14; 10); *b* – *Calamites* sp. (GMLNU-15/02; fossil site is unknown); *c* – *Cordaites principalis* (Germar) Geinitz, 1855 (GMLNU-15/08; 10); *d* – pteridosperm pinnule (unnumbered; 6); *e* – *Pinnularia capillacea* Lindley & Hutton, 1834 (GMLNU-15/10; 4); *f* – *Calamites* sp. (GMLNU-15/04; 4); *g*, *h* – problematics (unnumbered; 3); *i* – *Cordaites principalis* (Germar) Geinitz, 1855 (GMLNU-15/11; 8); *j* – *Halonia* sp. (GMLNU-15/14; 4); *k* – *Phestia snjatkovi* (Fedotov, 1932) (GMLNU-15/12; 6); *l* – phyllocarid (GMLNU-15/20; 1); *m* – ?*Sanguinolites* sp. GMLNU-15/15; 4); *n* – *Solenomorpha rossica* Chernyshov, 1950 (GMLNU-15/13; 10). The fossiliferous stratigraphic level numbers are in brackets, after the specimen number. Scale bars = 5 mm

These concretions contain remains of the terrestrial plants *Calamites suckowii* Brongniart, 1828 and the bivalve *Phestia* sp.

(3) Limonite nodules in the shales corresponding to the upper part of the Mandrykyne Formation, exposed at the right slope of the Shchotova ravine 1.5 km NW of the village of Zelenodil's'ke. These concretions contain the brachiopods *Crurithyris* sp. (see Fig. 7, b), *Tiramnia* sp. (see Fig. 7, i–l), *Brachythyrina* ex gr. *proba* (Rotai, 1951) (see Fig. 7, e), ?*Krotoviini* indet. (see Fig. 7, a), *Alphachoristites* sp., rugose corals, gastropods, crinoid stems *Platyplateium texanum* Moore & Jeffords,

1968 (see Fig. 5, f) and macroscopic problematic fossils (see Fig. 6, g, h).

(4) Siderite interlayer (equivalent of the middle part of the Mandrykyne Formation) exposed at the left slope of the Skelevata ravine 2 km east of the village of Zelenodil's'ke. This interlayer contains poorly preserved rugose corals, the brachiopod *Crurithyris* sp. (see Fig. 7, d), the bivalves *Palaeoneilo* sp. and ?*Sanguinolites* sp. (see Fig. 6, m), the gastropod *Rhineoderma* sp., orthocerids and the crinoid *Platycrinites* sp. The terrestrial plants *Cordaites* sp. and *Halonia* sp. (see Fig. 6, j) were recorded from the siderite nodules within the siltstones 2 m above the siderite interlayer.

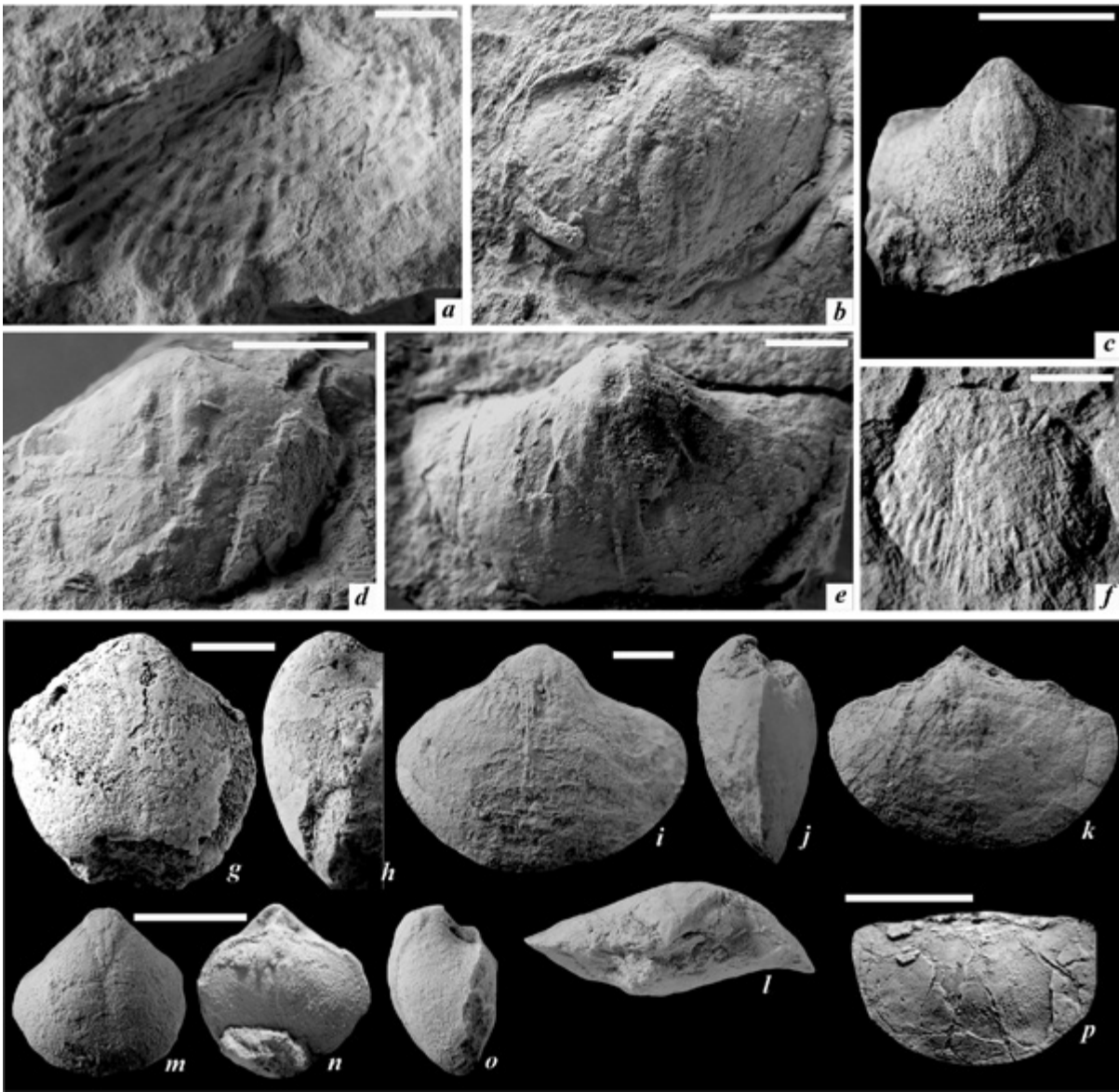


Fig. 7. Some brachiopods from the Dyakove Group: *a* – ?Krotoviini indet., impression of the ventral valve (NMNHU-G 6544/07; 3); *b* – *Crurithyris* sp., inner mould of the ventral valve (NMNHU-G 6544/04; 3); *c* – *Tiramnia* sp., inner mould of the ventral valve (NMNHU-G 6544/24; 8); *d* – *Crurithyris* sp., inner mould of the ventral valve (NMNHU-G 6544/01; 4); *e* – *Brachythyrina* ex gr. *proba* (Rotai, 1951), inner mould of the ventral valve (NMNHU-G 6544/03; 3); *f* – *Juresaniinae* indet., impression of the ventral valve (NMNHU-G 6544/06; 6); *g, h* – *Phricodothyris* sp., ventral valve in ventral and lateral views (NMNHU-G 6544/05; 8); *i-l* – *Tiramnia* sp., complete shell in ventral, dorsal, lateral and posterior views (NMNHU-G 6544/02; 3); *m-o* – *Tiramnia* cf. *semiglobosa* (Tschernyschew, 1902), complete shell (NMNHU-G 6544/23; 4); *p* – *Lissochonetes* sp., ventral valve (NMNHU-G 6544/08; 4). The fossiliferous stratigraphic level numbers are in brackets, after the specimen number. Scale bars = 5 mm

The chonetidine brachiopod *Lissochonetes* sp. (see Fig. 7, *p*) was found in a limonite nodule within the shale of the age equivalent of the upper part of the Mandrykyne Formation exposed in the upper reaches of the Skelevata ravine. *Tiramnia* cf. *semiglobosa* (Tschernyschew, 1902) (see Fig. 7, *m-o*) was found in the shales corresponding to the upper part of the Mandrykyne Formation, which are exposed in the road cut between the village of Rebrukove and the town of Kamiane.

(5) Tempestitic crinoidal sandy limestone interlayers occur in the basal part of the fine-grained deltaic sandstone bed of the age equivalent of the

upper part of the Mandrykyne Formation, exposed in the lower reaches of the Zaborina ravine 1.5 km east of the village of Zelenodil's'ke. *Cordaites* sp., *Platycrinites* sp., ?*Unilineatocrinus* sp., *Bicostulatocrinus* sp. (Dernov, 2016), as well as remains of poorly preserved gastropods, brachiopods and fragments of fin spines of the non-marine acanthodians Gyracanthidae indet. (see Dernov, 2016 for discussion) were found in these rocks.

(6) Siltstone above the G₁ limestone layer, exposed in small old coal pits and mines 1 km north of the village of Zelenodil's'ke. This siltstone contains *Calamites* cf. *cistii* Brongniart, 1828, *Paripteris gigantea*

(Sternberg) Gothan, 1941, *Artisia approximata* (Lindley & Hutton) Corda in Sternberg, 1838, rugose corals, the brachiopod *Juresaniinae* indet. (see Fig. 7, f), bivalves *Posidoniella* sp., *Phestia* sp. (see Fig. 5, e), *Palaeoneilo* sp., gastropods *Angyomphalus* sp., cephalopods *Gzheloceras* sp., *Gastrioceras* sp., *Owenoceras* sp. (see Fig. 5, b) and some unidentified ammonoids, as well as the trace fossils *Planolites* and *Chondrites* (Dernov, 2016, 2022b).

Crurithyris sp. was found in a siderite interlayer, which is probably laterally replaced by the G₁ limestone layer. *Nodospira* sp., *Euphemites* sp., *Retispira* sp. and *Glabrocingulum* sp., *Phestia sn-jatkovi* (Fedotov, 1932) (see Fig. 6, k) were found in the shales below the sandstone bed with the trace fossils *Arborichnus repetitus* Romano & Meléndez, 1985 (see Fig. 5, h), which lie below the G₁ limestone layer (Dernov, 2023b). The G₁¹ limestone layer, which lies slightly higher the G₁ limestone layer contains *Naticopsis* sp. and poorly preserved brachiopods, bivalves, bryozoans and crinoid stems.

(7) Siltstone with limonite nodules in the stratigraphic interval corresponding to the lower part of the Mospyne Formation and exposed in the ravines 0.6 km NE of the village of Rebrykove (Roven'ky District). The terrestrial plants *Pinnularia capillacea* Lindley & Hutton, 1834 (see Fig. 6, e) and *Cordaites principalis* (Germar) Geinitz, 1855 were collected in the siltstone.

(8) Siltstone lens in shales corresponding to the lower part of the Mospyne Formation and exposed at the slope of the Velyka Kamyanka river terrace 0.7 km west of the village of Rebrykove. The siltstone contains *Cordaites principalis* (Germar) Geinitz, 1855 (see Fig. 6, i), *Phricodothyris* sp. (see Fig. 7, g, h), *Tiramnia* cf. *semiglobosa* (Tschernyschew, 1902), *T.* sp. (Fig. 7, c), *Pseudogzheloceras* sp. (see Fig. 5, a), and *Melvilloceras rotaii* (Librovich in Popov, 1979).

(9) Siltstone layer that correspond to the lower part of the Mospyne Formation and exposed in a ravine opening into the floodplain of the Velyka Kamianka river 1 km NE of the village of Rebrykove. A single impression of a very small shell of the bivalve *Selenimyalina minor* (Brown, 1841) (see Fig. 5, d) was collected from the siltstone.

(10) Sandstone bed 120–130 m below the G₁² limestone layer exposed in old quarries on the left bank of the Velyka Kamianka river 1.5 km NE of the village of Rebrykove. This sandstone contains *Calamites suckowii* Brongniart, 1828 (see Fig. 6, a) and *Cordaites principalis* (Germar) Geinitz, 1855

(see Fig. 6, c). Rare remains of pteridosperms *Eusphenopteris* sp., bivalves *Solenomorpha rossica* Chernyshov, 1950 (see Fig. 6, n), *Phestia* sp., *Posidoniella* sp., *Euchondria* sp., unidentified gastropods, coiled nautiloids, the ammonoid *Melvilloceras rotaii* (Librovich in Popov, 1979), fish scales and the trace fossils *Chondrites intricatus* (Brongniart, 1823), *Nereites* isp., *Phycosiphon* isp. and *Planolites* isp. were found in the siltstone layer, that lie about 1 m above this sandstone bed. In addition to the above-mentioned fossils, uncertain macroscopic problematics *Tanaisina mavka* gen. and sp. nov. were found in the interlayer of siderite nodules in these shales. Overlying the shale is a 1-m-thick layer of quartzite-like sandstone with terrestrial plants *Lepidophloios laricinus* (Sternberg) Goldenberg, 1857, *Stigmaria ficoides* (Sternberg) Brongniart, 1822 and signs of a sedimentary gap in the lower part of the layer, represented by a 0.3-m-thick interlayer of sandy brown ironstone with fragments of the green, crimson and purple siltstone.

Palaeontological features of the age-related to the Dyakove Group rock formations

The upper boundary of the Dyakove Group in the study area is located in the rocks corresponding to the lower part of the Mospyne Formation. The brachiopod assemblages of this formation are characterized by a low taxonomic diversity (see, for example, Aizenverg, 1950, 1951; Rotai, 1951, 1952; Aizenverg et al., 1963; Poletaev, 2018), since limestone layers, which are the main fossiliferous rocks of the marine fauna in the Donets Basin, are quite rare in this formation. For example, the total proportion of limestones in the Mospyne Formation is about 0.40 % (first author data), which is considerably less than in the Mandrykyne Formation, which directly underlies this formation, and is generally quite low for the Pennsylvanian strata in the Donets Basin.

A relatively diverse brachiopod assemblage was identified from a layer of the fine-grained calcareous sandstone, which lie near the upper boundary of the Dyakove Group (c. 55 m below the G₁² limestone layer: the fossiliferous stratigraphic level No. 11). This layer contains various trace fossils (*Crescentichnus*, *Planolites*, *Zoophycos*, fish coprolites, etc.), terrestrial plants (*Calamites*, *Sigillaria*), bryozoans, spiriferid brachiopods *Angiospirifer* sp. (Fig. 8, a–e, i), *Brachythyrina* ex gr. *proba* (Rotai, 1951) (Fig. 9, c), *Alphachoristites* (A.) *kschemyschen-sis* (Semichatova, 1941) (Fig. 9, h–k), A. (A.) ex gr.

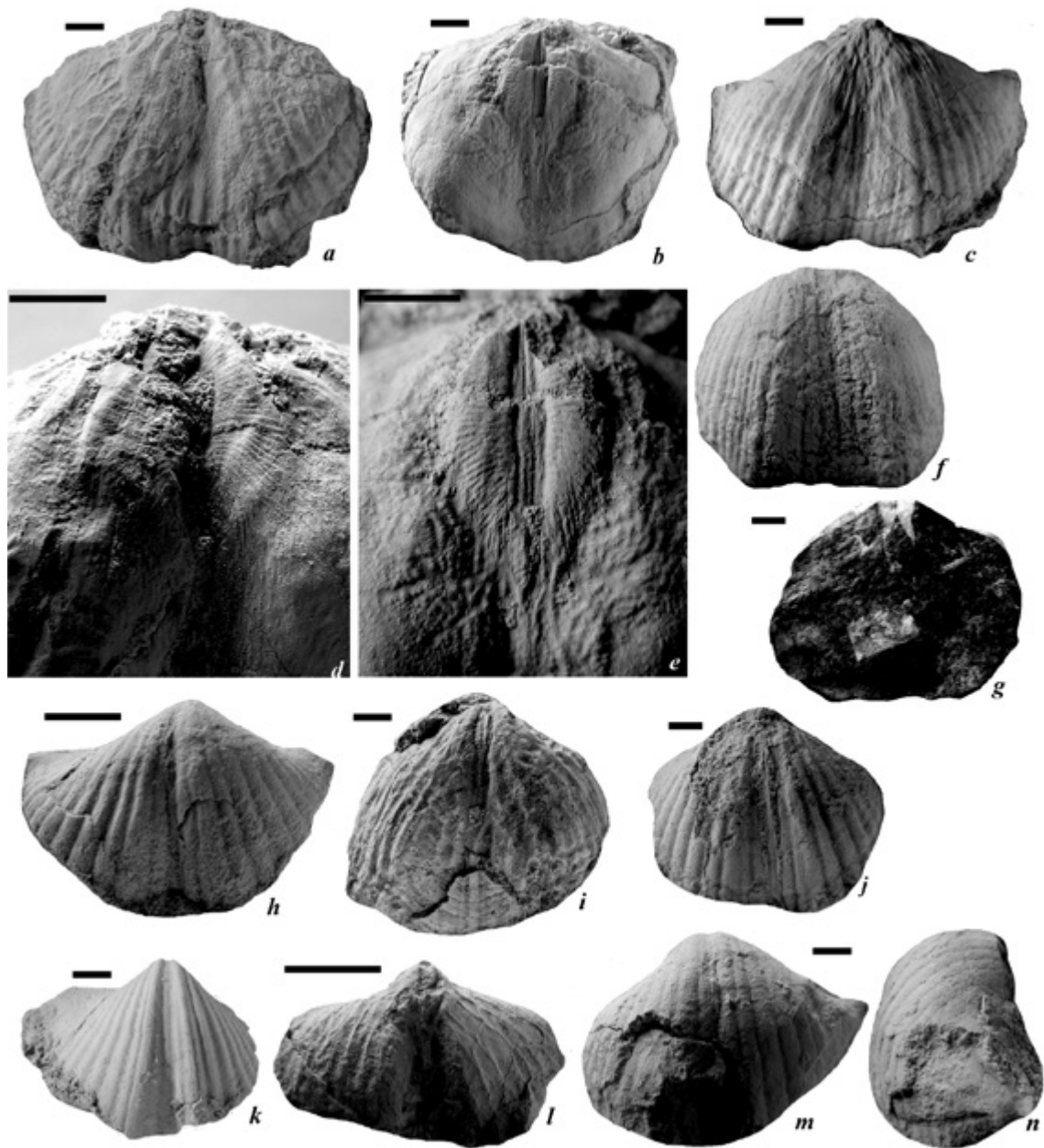


Fig. 8. Some spiriferids from the Mospyne Formation: *a–e* – *Angiospirifer* sp., internal moulds of the ventral valves (NMNHU-G 6544/17 (*a, d*), NMNHU-G 6544/18 (*b, e*) and NMNHU-G 6544/13 (*c*); 11); *f, g* – *Alphachoristites (Prochoristites) medovensis* (Rotai, 1951): *f* – external view of the ventral valve, *g* – internal view of the ventral valve (NMNHU-G 6544/27; 12); *h* – *Alphachoristites (A.)* sp., ventral valve (NMNHU-G 6544/20; 11); *i* – *Angiospirifer* sp., internal mould of the ventral valve (NMNHU-G 6544/22; 11); *j* – *Alphachoristites (A.)* ex gr. *bisulcatiformis* (Semichatova, 1941), ventral valve (NMNHU-G 6544/11; 11); *k, l* – *Brachythyryna* ex gr. *proba* (Rotai, 1951), *k* – ventral valve (NMNHU-G 6544/26; 14), *l* – internal mould of the ventral valve (NMNHU-G 6544/21; 14); *m, n* – *Alphachoristites (A.)* ex gr. *bisulcatiformis* (Semichatova, 1941), ventral valve (NMNHU-G 6544/25; 13). The fossiliferous stratigraphic level numbers are in brackets, after the specimen number. Scale bars = 5 mm

bisulcatiformis (Semichatova, 1941) (Fig. 8, *j*), *A. (A.)* sp. (Fig. 8, *h*), ?*Anthracospirifer* sp. (Fig. 9, *d, l*), scaphopods, gastropods, bivalves (*Phestia*, *Sanguinolites*, *Palaeoneilo*, etc.), nautiloids (*Gzheloceras* sp., *Planetoceras yefimenkoi* Dernov, 2021, *Megaglossoceras* sp., etc.) (Dernov, 2021b and unpublished data of the first author), ammonoids (*Melvilloceras rotaii* (Librovitch in Popov, 1979), *Gastrioceras angustum* Patteisky, 1964, *Branneroceras* sp.) (Dernov, 2022b),

crinoids, trilobites *Ditomopyge (Carniphillipsia) kumpani* (Weber, 1933), and fishes *Listracanthus hystrix* Newberry & Worthen, 1870 (see Fig. 11, *c*), *Lagarodus*, etc. Several specimens of *Tanaisina mavka* gen. et sp. nov. were found in the black shale directly above this sandstone layer.

The brachiopods *Alphachoristites (A.) kschemyschensis* (Semichatova, 1941) (see Fig. 9, *a, b*), *A. (Prochoristites) pseudobisulcatus* (Rotai, 1951)

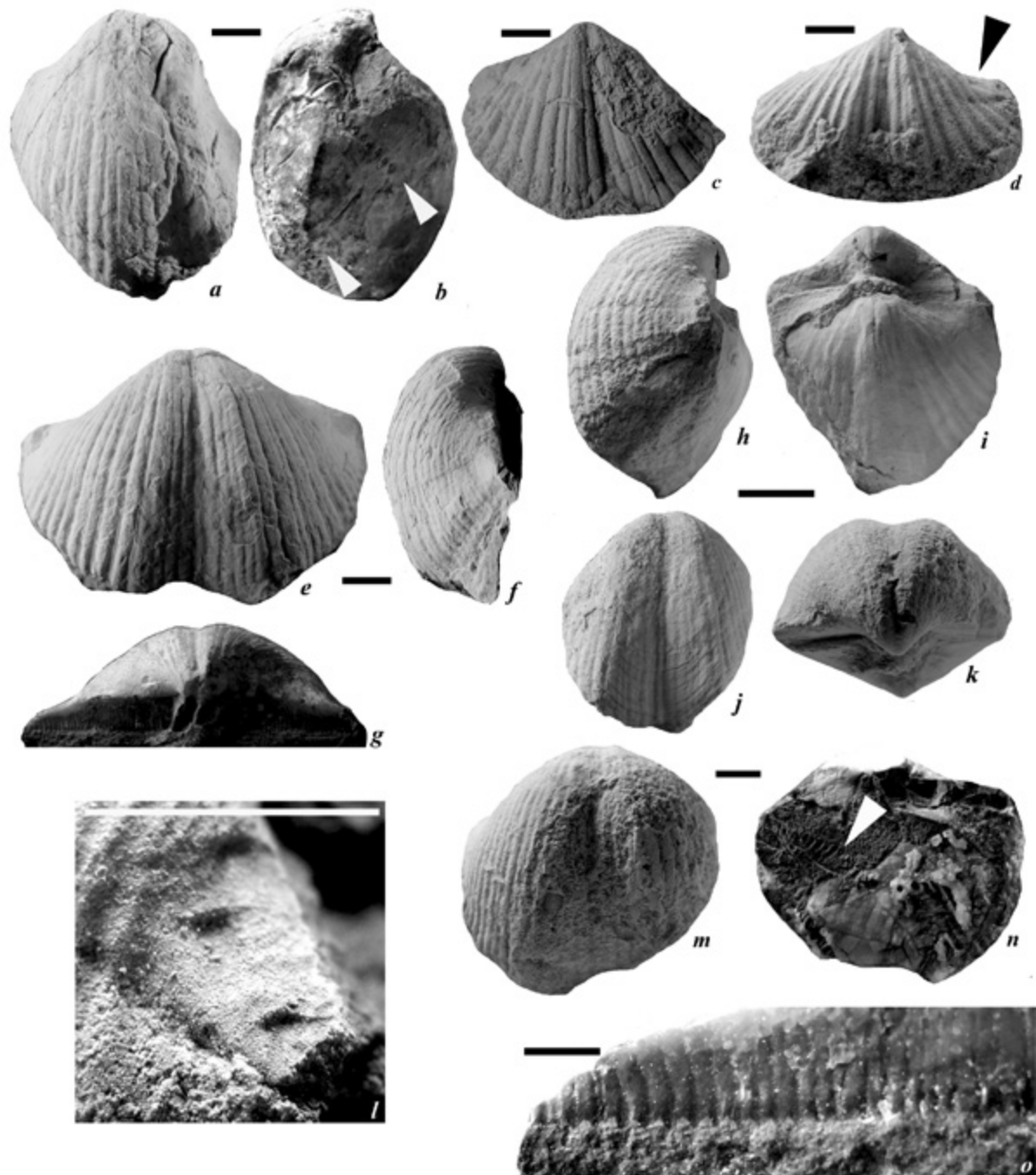


Fig. 9. Some spiriferids from the Mospyn Formation: *a, b* – *Alphachoristites* (*A.*) *kschemyschensis* (Semichatova, 1941), ventral valve with remains of spiralium (arrowed) (NMNHU-G 6544/16; 12); *c* – *Brachythyryna* ex gr. *proba* (Rotai, 1951) ventral valve (NMNHU-G 6544/12; 11); *d, l* – ?*Anthracospirifer* sp., ventral valve with a shell injury (NMNHU-G 6544/15; 11); *e–g, o* – *Alphachoristites* (*Prochoristites*) *pseudobisulcatus* (Rotai, 1951), ventral valve (NMNHU-G 6544/12; 12); *h–k* – *Alphachoristites* (*A.*) *kschemyschensis* (Semichatova, 1941), complete shell in the lateral, dorsal, ventral and posterior views (NMNHU-G 6544/14; 11); *m, n* – *Alphachoristites* (*Prochoristites*) *medovensis* (Rotai, 1951), ventral valve with remains of spiralium showed by arrows (NMNHU-G 6544/13; 12). The fossiliferous stratigraphic level numbers are in brackets, after the specimen number. Scale bars = 5 mm

(see Fig. 9, *e–g, o*), *A. (P.) medovensis* (Rotai, 1951) (see Fig. 9, *m, n*) were found in the G_1^2 limestone layer (the fossiliferous stratigraphic level No. 12). The G_2 limestone layer in the middle part of the Mospyn Formation (the fossiliferous stratigraphic level No. 13) contains brachiopods *Alphachoristites* (*A.*) ex gr. *bisulcatiformis* (Semichatova, 1941) (see Fig. 8, *m, n*). Slightly higher, in the siderite layer

within black shales of the upper part of the Mospyn Formation (the fossiliferous stratigraphic level No. 14), *Brachythyryna* ex gr. *proba* (Rotai, 1951) (see Fig. 8, *k, l*) was found. The above spiriferid species are described or revised in the works of the second author (e.g., Poletaev, 1986, 2000a, b, 2001, 2004, 2012, 2018), therefore, there is no need to describe these taxa again here.

Systematic palaeontology

Phylum Mollusca Linnaeus, 1758
 Class Cephalopoda Cuvier, 1797
 Superorder Ammonoidea Haeckel, 1866
 Order Goniatitida Hyatt, 1884
 Suborder Goniatitina Hyatt, 1884
 Superfamily Gastrioceratoidea Hyatt, 1884
 Family Reticuloceratidae Librovitch, 1957

Genus *Retites* McCaleb, 1964

Type species: *Retites semiretia* McCaleb, 1964; by original designation.

Retites sp.

Table 2; Fig. 10

Material. One poorly preserved specimen (IGS NASU-04/77).

Description. The specimen IGS NASU-04/77 is a siderite steinkern with 24.0 mm conch diameter. The conch is thickly discoidal ($ww/dm = 0.54$) with the moderate umbilicus ($uw/dm = 0.31$), moderately depressed whorl profile ($ww/wh = 1.52$) and moderate coiling rate ($WER = 1.99$); the venter is broadly convex; the ventrolateral shoulder is broadly rounded. The flanks are weakly convex, they slightly converge towards the ventrolateral shoulders. The umbilical margin is rounded. The surface of the conch is covered with weak elongated umbilical nodes spaced about 0.9 to 1.0 mm apart, but they are absent on the penultimate whorl (Fig. 10, d); growth lines are concavo-convex and form a deep, broad ventral sinus and a broad, shallow lateral sinus.

Two weak concavo-convex constrictions with a low ventrolateral projection and a very shallow ventral sinus are prominent on the whorl.

Remarks. *Retites* sp. differs from *R. semiretia* McCaleb, 1964 (Early Pennsylvanian of the USA) by a narrower umbilicus ($uw/dm = 0.31$ at 24.0 mm diameter in *Retites* sp. and 0.50 at 23.0 mm diameter in *R. semiretia*). *Retites* sp. differs from *R. ortivus* Ruzhencev & Bogoslovskaya, 1978 by a less convex venter and a sharper umbilical margin. *Retites* sp. is very similar to *R. obscurus* Ruzhencev & Bogoslovskaya, 1978, to which it probably belongs, but the insufficient amount of material and its poor preservation do not allow us to assign the studied ammonoid to *R. obscurus*.

Locality. Fossil-bearing stratigraphic level No. 1 (for details, see the section “Studied fossil sites”).

Distribution. The genus *Retites* is ranged in the early Bashkirian of the USA, Portugal, Spain, Russia, Kazakhstan, Uzbekistan, Kyrgyzstan and China.

Phylum Chordata Haeckel, 1874
 Class Acanthodii Owen, 1846
 Order incertae sedis
 Family Gyraacanthidae Woodward, 1906
 Gyraacanthidae indet.

Fig. 11, a, b

2016 *Gyraacanthus* sp. – Dernov, fig. 3, 4.

Material. Two poorly preserved fragments of fin spines (GMLNU-15/01 and GMLNU-15/02) from the fossiliferous stratigraphic level No. 5.

Table 2. Dimensions (in mm) of *Retites* sp.

Specimen	dm	ww	wh	uw	ah	ww/dm	ww/wh	uw/dm	WER	IZR
IGS NASU-04/77	24.0	13.0	9.0	7.5	7.0	0.54	1.52	0.31	1.99	0.22



Fig. 10. Ammonoid *Retites* sp. (IGS NASU-04/77) from the Dyakove Group: a – lateral view of the conch, b – ventral view of the conch, c – reconstruction of the conch’s dorsal projection, d – ornamentation of the penultimate whorl. Scale bars = 5 mm

Description. A better preserved specimen (GML-NU-15/01; Fig. 11, *b*) is represented by a fragment of a tapering spine, broken at both ends, 25 mm in length and 15 mm wide at the narrow edge and 18 mm wide at the wide edge. The spine surface ornamented with oblique ridges spaced approximately 1.5 mm apart and bearing very small tubercles.

Remarks. Previously, the fin spines *Gyracanthus formosus* Agassiz, 1837 from the Donets Basin were described by Yefimova (1932) and Karlov (1968) from the late Bashkirian Smolyanyivka Formation. In addition, an undescribed fragment of a spine *Gyracanthus formosus* is known from the Moscovian part of the Kamenskaya Formation exposed by the unknown coal mine in the city of Antratsyt (Dernov, 2016). It is likely that the fragments of the spines described above belong to the genus *Gyracanthus*, as previously reported (Dernov, 2016), but the poor preservation of the material does not allow us to make this conclusion with confidence.

The fin spines Gyracanthidae indet. were found in the tempestitic crinoidal sandy limestone interlayer in the fine-grained sandstone bed with normal marine fauna (e.g., brachiopods and crinoids). This interlayer or lens was probably formed as a result of a storm that concentrated and mixed skeletal remains of marine and non-marine animals; the latter were brought to the marine basin by rivers. However, gyracanthid spines (i.e., species of the formal genera *Agacanthus*, *Antacanthus*, *Oracanthus*, *Gyracanthus* and *Gyracanthides*) are found in both coastal

and freshwater deposits (Ó Gogáin, 2022), so the co-occurring of the marine fauna and gyracanthids may not be accidental, and these animals did indeed co-occur.

Phylum, class, order and family incertae sedis
Genus *Tanaisina* Dernov, gen. nov.

Etymology. After *Tanais*, the ancient Greek name for the Siverskyi Donets river in eastern Ukraine.

Gender. Feminine.

Type species. *Tanaisina mavka* sp. nov. from the late Bashkirian deposits of the Donets Basin (Ukraine); by monotypy.

Other species. The genus is monospecific.

Diagnosis. Fossils in the form of a two-toothed fork, the branches of which form straight, apparently rounded or ellipsoidal in cross-section, longitudinally folded, tubular and narrowly conical organs, which pass at their base into an attachment organ in the form of a stalk, which is smaller in thickness and length than the arms.

Remarks. *Tanaisina* gen. nov. bear a remote external resemblance to the monotypic enigmatic genus *Escumasia* Nitecki & Solem, 1973 from the Pennsylvanian Mazon Creek Konservate-Lagerstätte in Illinois, USA. Nevertheless, the described fossils have some significant morphologic differences, e.g., absence of the so-called trunk sac and shorter stalk length in the *Tanaisina* gen. nov.; in addition, none of the specimens studied had the attachment disk known from *Escumasia roryi* Nitecki & Solem, 1973, the type species of *Escumasia*.

Another similar genus to *Tanaisina* gen. nov. is *Caledonicratis* Zapalski & Clarkson, 2015 (?Cnidaria) from the Viséan Granton Konservate-Lagerstätte near Edinburgh (Scotland). However, there are several important morphological features that allow us to distinguish between these genera, namely: (1) the remains of *Caledonicratis* look like branched enigmatic structures (branching may be very irregular, but the general pattern can be described as monopodial with secondary dichotomous outgrowths), while *Tanaisina* has only two equivalent “branches”; (2) besides dendroidal colonies, several isolated fan-like structures have been found in *Caledonicratis*, but this is not observed in *Tanaisina* gen. nov.; (3) the dimensions of *Caledonicratis* is an order of magnitude less than that of *Tanaisina* gen. nov.

Tanaisina gen. nov. also shares some external morphological similarities with the hydrozoans *Drevotella proteana* Nitecki & Richardson, 1972 from the Mazon Creek Lagerstätte, but *Tanaisina* gen.

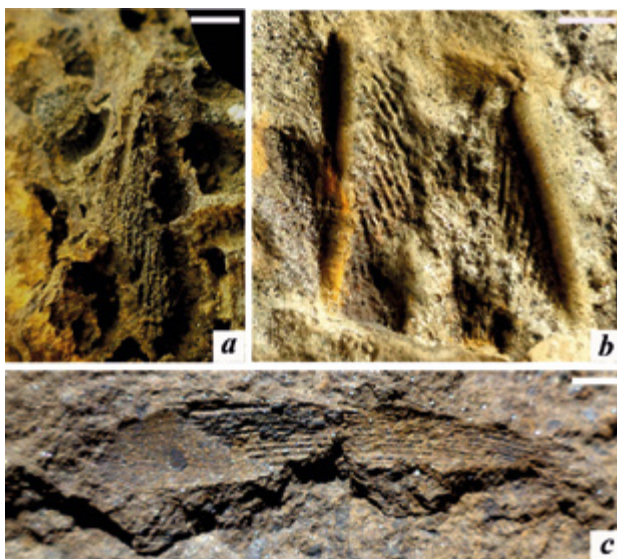


Fig. 11. Fish remains from the Dyakove Group and Mospyne Formation: *a, b* – Gyracanthidae indet. (*a* – GMLNU-15/02, *b* – GMLNU-15/01); *c* – *Listracanthus hystrix* Newberry & Worthen, 1870 (*c* – IGS NASU-10/02). Scale bars = 5 mm

nov. does not have the sub-rounded structures interpreted as polyyps by Nitecki & Richardson (1972). Until new data on the morphology of *Tanaisina* are available, it is impossible to resolve the problem of its systematic position.

Occurrence. Late Bahkirian of the Donets Basin, Ukraine.

Tanaisina mavka Dernov, sp. nov.

Figs 12 and 13

Holotype. Specimen GMLNU-16/01 (Fig. 12, a) in the Geological Museum of the Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava; marine shale in the uppermost part of the Dyakove Group (late Bashkirian) exposed on the left bank of the



Fig. 12. *Tanaisina mavka* Dernov, sp. nov. from the Dyakove Group and Mospyne Formation: a – GMLNU-16/01 (holotype), b – GMLNU-16/04, c – GMLNU-16/02, d – GMLNU-16/03, e – GMLNU-16/06, f – GMLNU-16/05, g, h – GMLNU-16/07, i – GMLNU-16/29. Scale bars = 2 mm (h) and 5 mm (a–g, i)

Velyka Kamianka river, 1.5 km NE of the village of Rebrykove (Luhansk Region, Ukraine).

Other material. 20 specimens (GMLNU-16/02 to GMLNU-16/21) from the type locality and eight specimens (GMLNU-16/22 to GMLNU-16/29) from black shales c. 34–54 m below the G_1^2 limestone layer of the Mospyne Formation exposed by a small pit near the western outskirts of the village of Makedonivka and at the slope of a small ravine in the northwestern part of the village (detailed description of this fossil sites see in Dernov and Udovychenko (2019) and Dernov (2022c)).

Etymology. After *mavka* (Latinized Ukrainian), a mermaid-like character in the Ukrainian mythology.

Diagnosis. The same as for the genus.

Description. Examined material is mainly in the form of squeezed limonitized and, more rarely, pyritized longitudinally folded (Figs 12, c; 13, d), tubular and narrowly conical fossils. The surface folds are irregular and of varying thickness. They testify that lifetime tissues of the described organisms

were rather elastic. The edges of the fossils are sharp; sometimes small marginal notches are observed, apparently traces of life-time injuries or postmortem feedings by scavengers. The surface of the fossils is finely roughened (Fig. 12, c). These remains are narrowed towards the tips, but the rate of narrowing is very low. Often the narrowing of the fossils is masked by their frequent bending, tearing due to the development of longitudinal folding and other reasons. The thinnest fossils are very rarely sinuously curved; the thicker ones are often more or less straight or show very slight curvature.

On the best preserved specimens (e.g., Figs 12, a, b, d, e; 13) it is noticeable that the described fossils are disconnected parts of the body, most probably, of non-skeletal organisms (?cnidarians), having the form of a two-toothed fork, the branches of which form organs, which can be conditionally called “arms”. The specimen GMLNU-16/01 demonstrates that the arms pass

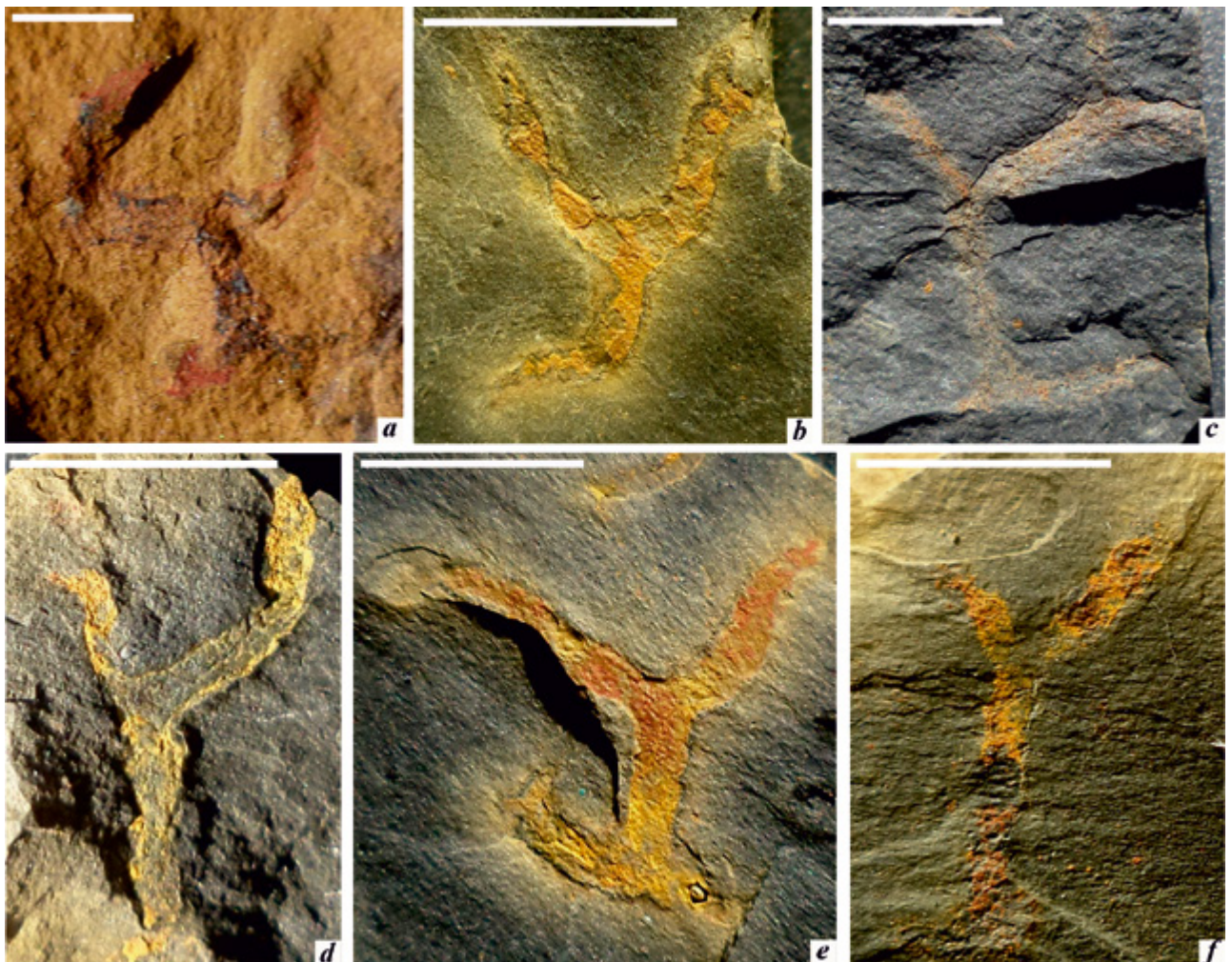


Fig. 13. *Tanaisina mavka* Dernov, sp. nov. from the Mospyne Formation: a – GMLNU-16/22, b – GMLNU-16/24, c – GMLNU-16/23, d – GMLNU-16/26, e – GMLNU-16/25, f – GMLNU-16/27. Scale bars = 5 mm

at their base into an attachment organ(?) in the form of a stalk, which is thinner and shorter in length than the arms. The arms are straight, apparently rounded or ellipsoidal in cross-section. They are much (three or more times) longer than the stalk. The overall body size of the animals is not clear, but some of them apparently reached 70–80 mm in lifetime height (or length), most of which is made up by the arms. The morphology of longitudinal folds and other features of preservation show that the studied remains are apparently hollow cylindrical and tube-shaped organic-walled organisms. At the base of the stalk in fossils from the black shales of the Mospyne Formation (Fig. 13, a–c, e), enigmatic structures are sometimes preserved, which may be attachment organs of these organisms.

Occurrence. Dyakove Group and the same-aged Mospyne Formation, late Bahkirian of the Donets Basin, Ukraine.

Concluding remarks

The following biota was identified from the Dyakove Group.

- (1) Terrestrial plants: *Halonia* sp., *Lepidophloios laricinus* (Sternberg) Goldenberg, *Stigmaria ficoides* (Sternberg) Brongniart, *Calamites sulkowii* Brongniart, *C. cf. cistii* Brongniart, *C. sp.*, *Pinnularia capillacea* Lindley & Hutton, *Paripteris gigantea* (Sternberg) Gothan, *Eusphenopteris* sp., *Artisia approximata* (Lindley & Hutton) Corda, *Cordaites principalis* (Germar) Geinitz and *C. sp.*
- (2) Corals: undetermined rugose corals.

- (3) Brachiopods: *Juresaniinae* indet., *?Krotovii* indet., *Lissochonetes* sp., *Tiramnia* cf. *semiglobosa* (Tschernyschew), *T. sp.*, *Crurithyris* sp., *Phricodothyris* sp., *Brachythyris* ex gr. *proba* (Rotai), *Alphachoristites* sp.
- (4) Bivalves: *Phestia snjatkovi* (Fedotov), *Ph. sp.*, *Parallelodon* sp., *Palaeoneilo* sp., *Nuculavus* sp., *Solenomorpha rossica* Chernyshov, *?Sanguinolites* sp., *Selenimyalina minor* (Brown), *P. sp.*, *?P. sp.* and *?Euchondria* sp.
- (5) Gastropods: *Nodospira* sp., *?Euphemites* sp., *Retispira* sp., *Glabrocingulum* sp., *Rhineoderma* sp., *Angyomphalus* sp. and *?Naticopsis* sp.
- (6) Cephalopods: *Gzheloceras* sp., *?Pseudogzheloceras* sp., *Melvilloceras rotaii* (Librovitch in Popov), *Retites* sp., *Gastrioceras* sp. and *?Owenoceras* sp.
- (7) Crinoids: *Platyplateium texanum* Moore & Jeffords, *Platycrinites* sp., *?Unilineatocrinus* sp. and *Bicostulatocrinus* sp.
- (8) Arthropods: undetermined phyllocarid.
- (9) Fishes: Gyraconthidae indet., isolated fish scales.
- (10) Problematics: *Tanaisina mavka* Dernov, sp. nov.

Acknowledgements. We would like to thank Dr. Mykola Udovychenko (Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava) for his help in the field and numerous consultations during the study of fish remains. The reviewers whose comments and suggestions improved the quality of the final version of the manuscript are also acknowledged. The research was carried out within the framework of the scientific theme “Late Precambrian and Phanerozoic biota of Ukraine: biodiversity, revision of systematic composition and phylogeny of leading groups” (No. 0122U001609).

Із частини розрізу дяковської серії, що відповідає вугленосним відкладам мандрикинської світи та нижній частині моспінської світи південної частини Луганської області, вивчено нові знахідки решток морської фауни (брахіопод, молюсків, кріноїдей, артропод та риб) і наземної флори. Вперше із зазначених відкладів визначено рештки брахіопод, що представлені родами *Crurithyris*, *Tiramnia*, *Alphachoristites* та *Lissochonetes*. Крім того, вперше серед відкладів дяковської серії знайдено рештки філокарід, а також відбитки наземних рослин, що відносяться до родів *Halonia*, *Calamites*, *Pinnularia*, *Paripteris*, *Eusphenopteris*, *Artisia* та *Cordaites*. Бівальвії у вивченій колекції представлені представниками родів *Phestia*, *Parallelodon*, *Palaeoneilo*, *Nuculavus*, *Solenomorpha*, *Sanguinolites*, *Posidoniella* та *?Euchondria*. Серед гастропод визначено роди *Nodospira*, *?Euphemites*, *Retispira*, *Glabrocingulum*, *Rhineoderma*, *Angyomphalus*, *?Naticopsis*; серед цефалопод – *Gzheloceras*, *?Pseudogzheloceras*, *Melvilloceras*, *Retites*, *Gastrioceras* та *?Owenoceras*. Крім названих груп у дяковській серії також встановлено присутність кріноїдей *Platyplateium*, *Platycrinites*, *?Unilineatocrinus* та *Bicostulatocrinus*, а також фрагментів іхтіодорулів акантод Gyraconthidae indet. та ізольованої риб'ячої луски. Отримані дані свідчать про гарні перспективи створення палеонтологічно обґрунтованої схеми розчленування монотонної потужної товщі дяковської серії.

References

- Agassiz L. 1837. Recherches sur les poissons fossiles, 8th and 9th livraisons (September 1837). Neuchâtel: Petitpierre et Prince (text) and H. Nicolet (plates).
- Aizenverg D.E. 1950. Materials on the brachiopod fauna of the C23 Formation of the Donets Basin. *Materials on the stratigraphy and palaeontology of the Donets Basin*. Moscow–Kharkiv: Ugletekhizdat, pp. 113–141 (in Russian).
- Aizenverg D.E. 1951. Carboniferous brachiopods of the Vovcha river area. *Transactions of the Institute of Geological Sciences. Stratigraphy and palaeontology*, pp. 5–72 (in Russian).
- Aizenverg D.E., Brazhnikova N.Ye., Novik E.O., Rotai A.P., Shulga P.L. 1963. Carboniferous stratigraphy of the Donets Basin. Kyiv: Izdatelstvo AN Ukrainskoy SSR (in Russian).
- Brongniart A. 1823. Mémoires sur les Terrains de sédiment supérieurs Calcaréo-Trappéen du Vicentin, et sur quelques terrains d'Italie qui peuvent se rapporter à la même époque. Paris: F.G. Levrault. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.9097>
- Brongniart A. 1828–1838. Histoire des végétaux fossiles ou recherches botaniques et géologiques sur les végétaux renfermés dans les diverses couches du globe. Paris: G. Dufour et Ed. d'Ocagne. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.60992>
- Brown T. 1841. Description of some new species of fossils found chiefly in the Vale of Todmorden, Yorkshire. *Transactions The Manchester Geological Society*, 1: 1–342.
- Chernyshov B.I. 1950. Representatives of the families Solenomyidae and Solenopsidae (pars) from the Upper Paleozoic of the USSR. *Materials on the stratigraphy and palaeontology of the Donets Basin*. Moscow–Kharkiv: Ugletekhizdat, pp. 19–53 (in Russian).
- Cuvier G. 1797. *Tableau elementaire de l'histoire naturelle des animaux*. Paris: Baudoin. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.11203>
- Dernov V.S. 2013. Evidence of submarine slumpings in the middle Carboniferous deposits of the central Donets Basin and their scientific significance. *Scientific research of the geographical community: past, present, future. Proceedings of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference dedicated to the 75th anniversary of the creation of the Luhansk Region* (Luhansk, 8–10 October, 2013). Luhansk, pp. 86–90 (in Ukrainian).
- Dernov V.S. 2016. New data on the palaeontology of the Dyakove Group (Bashkirian) of the Donets Basin. *Proceedings of the National Museum of Natural History*, 14: 35–46 (in Ukrainian with English summary)
- Dernov, V.S. 2021b. Three new species of nautilids (cephalopods) from the Carboniferous of the Donets Basin (Eastern Ukraine). *Geologičnij žurnal*, 2 (375): 58–66. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.2.227012>
- Dernov V. 2022b. Late Bashkirian ammonoids from the Mospyne Formation of the Donets Basin, Ukraine. *Fossil Imprint*, 78: 489–512. <https://doi.org/10.37520/fi.2022.021>
- Dernov, V. 2022c. *Coleolus carbonarius* Demanet, 1938 (incertae sedis) from the late Bashkirian (Carboniferous) of the Donets Basin, Ukraine. *GEO&BIO*, 22: 79–93. <https://doi.org/10.15407/gb2207>
- Dernov V. 2023a. *Hankoichnus* ichnogen. nov., a new arthropod (?) trace fossil from the Carboniferous of the Donets Basin (Ukraine). *Geologičnij žurnal*, 1 (382): 53–58. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2023.1.265486>
- Dernov V. 2023b. Horseshoe crab trace fossils *Arborichnus Romano et Meléndez*, 1985 from the Bashkirian (Carboniferous) of the Donets Basin, Ukraine. *Fossil Imprint*, 79: 9–25. <https://doi.org/10.37520/fi.2023.002>
- Dernov V., Udovychenko M. 2019. New Bashkirian (Lower Pennsylvanian) fossil sites in the Donets Basin. *Collection of the scientific works of the IGS NASU*, 12: 40–47 (in Russian with English summary). <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2019.185717>
- Dubinsky, A.Ya. 1982. On the relation of Carboniferous paralic and flyschoid rocks of the Donets-Boriyevskinskian Fold System. *Soviet Geology*, 11: 94–103 (in Russian).
- Fedotov D.M. 1932. Carboniferous bivalves of the Donets Basin. *Proceedings of the All-Union Geological Prospecting Association of the NKTP USSR*. Moscow–Leningrad (in Russian with English summary).
- Fissunencko O.P. 1964. Plant communities and phytostратigraphy of the middle Carboniferous of the Donets Basin. *Thesis for the degree of Candidate of Geological and Mineralogical sciences. Atlas of fossils*. Luhansk (in Russian).
- Fissunencko O.P. 2001. On some features of the palaeogeography of the Donets Basin. *Science on the threshold of the new millennium*. Luhansk: Alma Mater, pp. 58–60 (in Russian).
- Fissunencko O.P., Reznikov A.I. 1985. On a new method for the stratigraphy of the Carboniferous flyschoid strata of the Donets Basin. In: Vyalov O.S. (Ed.), *Fossil organisms and the stratigraphy of the Ukrainian sedimentary cover*. Kyiv: Naukova Dumka, pp. 34–38. (In Russian).
- Fissunencko O.P., Reznikov A.I., Tatoli I.A. 1984. Bioglyphs of the Carboniferous shale sequence of the Donets Basin and their stratigraphic and palaeogeographic significance. In: Vyalov O.S. (Ed.), *Trace fossils and environmental dynamics in ancient biotopes. Abstracts of the 30th session of the Ukrainian Palaeontological Society* (Lviv, 23–27 August, 1984). Lviv, pp. 74–75 (in Russian).
- Geinitz H.B. 1855. Die versteinerungen der steinkohlenformation in Sachsen. Leipzig: W. Engelmann. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.169050>
- Goldenberg F. 1857. Flora Sarapontana Fossilis. Die Pflanzenversteinerungen des Steinkohlengebirges von Saarbrücken II. Saarbrücken; s. 1–19.
- Gothan W. 1941. Paläobotanische Mitteilungen, 5–7. *Paläontologische Zeitschrift*, 22: 424–438. <https://doi.org/10.1007/bf03042701>
- Haeckel E. 1866. Allgemeine Entwicklungsgeschichte der Organismen. Berlin: Reimer.
- Haeckel E. 1874. Anthropogenie, oder, Entwicklungsgeschichte des Menschen. Leipzig: W. Engelmann.
- Hirmer M. 1927. Handbuch der Paläobotanik. Bd 1: Thallophyta-Bryophyta-Pteridophyta. Muenchen–Berlin: Verlag von R. Oldenbourg. <https://doi.org/10.1515/9783486755534>
- Hyatt A. 1883–1884. Genera of fossil cephalopods. *Proceedings of Boston Society of Natural History*, 22: 273–338.
- Ischenko A.A., Nemirovskaya T.I., Skovorodnikova A.A., Fissunencko O.P. 1993. The Olmezoian-Mandrykinian stage. In: Tsegelnyuk, P.D. (Ed.), *Geological history of Ukraine. Paleozoic*. Kyiv: Naukova Dumka, pp. 136–141 (in Russian).
- Janishewsky M. 1900. Carboniferous fauna from the limestone exposed by the Shartymka river on the eastern slope of the Urals. Kazan: Kazan University (in Russian).
- Karlov N.N. 1968. *Gyracanthus formosus* Agassiz from the Carboniferous of the Donets Basin. *Palaeontological Collection* (Lviv), 5(1): 107–109 (in Russian).
- Korn D. 2010. A key for the description of Palaeozoic ammonoids. *Fossil Record*, 13: 5–12. <https://doi.org/10.5194/fr-13-5-2010>
- Korn D., Klug C. 2012. Palaeozoic ammonoids – diversity and development of conch morphology. In: Talent, J.A. (Ed.), *Earth and Life*. Dordrecht–London: Springer, pp. 491–534. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3428-1_15
- Librovitch L.S. 1957. On some new groups of goniatites from the Carboniferous of the USSR. *Yearbook of the All-Union Palaeontological Society*, 16: 246–272 (in Russian).
- Lindley J., Hutton, W. 1831–1837. The fossil flora of Great Britain; or, Figures and descriptions of the vegetable remains found in a fossil state in this country. London: J. Ridgway.
- Linnaeus C. 1758. *Systema naturæ per regna tria naturæ, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. Vol. 1. Stockholm: Laurentius Salvius.
- Lukin A.E. 2011. On the nature and prospects of gas content in low-permeability rocks of the Earth's sedimentary shell. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 3: 114–123 (in Russian with English summary).
- Lukin A.E. 2013. Black shale formations of the Euxine type as gas megatrap. *Geology and mineral resources of the World Ocean*, 4: 5–28 (in Russian with English summary).
- McCaleb J.A. 1964. Two new genera of Lower Pennsylvanian ammonoids from Northern Arkansas. *Oklahoma Geological Notes*, 24: 233–237.

- Moore R.C., Jeffords R.M. 1968. Classification and nomenclature of fossil crinoids based on studies of dissociated parts of their columns. *The University of Kansas Paleontological Contributions*, 46 (Echinodermata 9): 1–114.
- Nemyrovska T.I., Yefimenko V.I. 2013. Middle Carboniferous (Lower Pennsylvanian). In: Gozhyk, P.F. (Ed.), *Stratigraphy of the Upper Proterozoic and Phanerozoic of Ukraine. Vol. 1. Stratigraphy of the Upper Proterozoic, Paleozoic and Mesozoic of Ukraine*. Kyiv: IGS NAS of Ukraine, pp. 283–303 (in Ukrainian).
- Nitecki M.H., Richardson E.S. 1972. A new hydrozoan from the Pennsylvanian of Illinois. *Fieldiana Geology*, 30: 1–7. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.3407>
- Nitecki M.H., Solem A. 1973. A problematic organism from the Mazon Creek (Pennsylvanian) of Illinois. *Journal of Paleontology*, 47: 903–907.
- Novik E.O. 1939. Stratigraphy and flora of the Namurian and Dinantian of the Donets Basin. *Transactions of the Institute of Geological Sciences*, pp. 81–143 (in Russian).
- Novik E.O. 1968. Early Carboniferous flora of the Donets Basin and its western extension. Kyiv: Naukova Dumka (in Russian with English summary).
- Ó Gogáin A. 2022. Diverse *Gyracanthus* spine morphologies from the Jarow Assemblage (Pennsylvanian), County Kilkenny, Ireland. *Irish Journal of Earth Sciences*, 40: 1–7. <https://doi.org/10.1353/ijes.0.0007>
- Owen R. 1846. Lectures on the comparative anatomy and physiology of the vertebrate animals, delivered at the Royal College of Surgeons of England in 1844 and 1846. Part 1. Fishes. London: Longman. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.13539>
- Patteisky K. 1964. Über die Nomenklatur von *Agastrioceras subcrenatum*, *Agastrioceras langensbrahmi* und *Gastrioceras carbonarium*. *5ième Congrès International de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère Paris 1963*. Paris, pp. 647–654.
- Poletaev V.I. 1986. Choristites-like brachiopods of the family Spiriferidae. *Paleontological Journal*, 20 (3): 60–72 (in Russian with English summary).
- Poletaev V.I. 2000a. New species of Mississippian and Bashkirian spiriferids of the Donets Basin. *Paleontological Journal*, 34 (1): 31–37.
- Poletaev V.I. 2000b. Donispirifer and Tegulispirifer, new Middle to Late Carboniferous spiriferids from Eurasia. *Paleontological Journal*, 34 (3): 278–286.
- Poletaev V.I. 2001. New and rare species of the Carboniferous spiriferids from the Donets Basin. *Paleontological Journal*, 35 (6): 28–33.
- Poletaev V.I. 2004. On the revision of Bashkirian coarse-ribbed brachiopods of the family Choristidae. *Paleontological Journal*, 38 (3): 46–52 (in Russian with English summary).
- Poletaev V.I. 2012. New data on the phylogeny of Choristitidae (Carboniferous brachiopods). *Paleontological Journal*, 46 (3): 231–239. <https://doi.org/10.1134/S0031030112030148>
- Poletaev V.I. 2018. Atlas of Carboniferous spiriferids of Eastern Europe. Kyiv: IGS NAS of Ukraine (in Russian).
- Poletaev V.I., Vakarchuk V.G., Vinnichenko L.G., Kononenko L.P., Lukin A.E., Reznikov A.I. 1991. Stratigraphy of the Lower and lower Middle Carboniferous strata of the Dnipro-Donets Downwarp. Kyiv: IGS of Academy of Sciences of the Ukrainian SSR (in Russian).
- Poletaev V.I., Vdovenko M.V. 2013. Lower Carboniferous (Mississippian). In: Gozhyk, P.F. (Ed.), *Stratigraphy of the Upper Proterozoic and Phanerozoic of Ukraine. 1. Stratigraphy of the Upper Proterozoic, Paleozoic and Mesozoic of Ukraine*. Kyiv: IGS NAS of Ukraine, pp. 250–283 (in Ukrainian).
- Popov A.V. 1979. Carboniferous ammonoids of the Donets Basin and their stratigraphic significance. *Proceedings of the All-Union Research Geological Institute, new series*, 220: 1–119 (in Russian).
- Reznikov A.I. 1978. Geological position and general features of the structure of flyschoid strata in the central part of the Donets Basin. *Geologičnij žurnal*, 38, 1 (178): 64–71 (in Russian).
- Reznikov A.I. 1987. On the facies replacement of coal-bearing strata in the Serpukhovian-lower Bashkirian sequence of the Donets Basin. *Geologičnij žurnal*, 47, 1 (232): 68–77 (in Russian).
- Reznikov A.I. 1993. Dyakove Group and its stratigraphic position in the Carboniferous succession of the Donets Basin. *Geologičnij žurnal*, 53, 1 (262): 52–57 (in Russian).
- Reznikov A.I., Fissunencko O.P., Ustymenko V.D. 1989. *Research of reference sections of the Carboniferous flyschoid strata of the central Donets Basin (Report)*. Voroshylovgrad (in Russian).
- Reznikov A.I., Lobanov A.I. 1973. Some features of the Carboniferous sedimentation in the Golovna anticline area of the Donets Basin. *Geologičnij žurnal*, 33, 1 (148): 129–135 (in Ukrainian).
- Romano M., Melendez B. 1985. An arthropod (merostome) ichnocoenosis from the Carboniferous of northwest Spain. *Compte Rendu Neuvième Congrès International de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère*, 5: 317–325.
- Rotai A.P. 1951. Middle Carboniferous brachiopods of the Donets Basin. Part 1. Spiriferidae. Moscow–Leningrad: Gosgeolizdat (in Russian).
- Rotai A.P. 1952. Middle Carboniferous brachiopods of the Donets Basin. Part 2. Genus *Marginifera*. Moscow: Gosgeolizdat (in Russian).
- Ruzhencev V.E., Bogoslovskaya M.F. 1978. Namurian stage in the evolution of ammonoids. Late Namurian ammonoids. *Proceedings of the Palaeontological Institute*, 167: 1–338. Moscow: Nauka (in Russian).
- Semichatova S.V. 1941. Bashkirian brachiopods of the USSR. 1. Genus *Choristites* Fischer. *Proceedings of the Palaeontological Institute*, 12 (4): 1–152. Moscow (in Russian).
- Sowerby J., Sowerby J. de C. 1812–1846. The mineral conchology of Great Britain; or, Coloured figures and descriptions of those remains of testaceous animals or shells, which have been preserved at various times and depths in the earth. London: Printed by B. Meredith [etc.]. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.14408>
- Sternberg K. von. 1820–1838. Versuch einer geognostisch-botanischer Darstellung der Flora der Vorwelt II, 7/8. Prague: Gottlieb Hässe Söhne, s. 81–220. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.154066>
- Stur D. 1877. Die Culm-Flora der Ostrauer und Waldenburger Schichten. *Abhandlung der königliche geologische Reichsanstalt*, 8 (2): 107–472.
- Tatoli I.A. 1990. Ecological aspects of the study of bioglyphs. In: Vyalov, O.S. (Ed.), *Palaeontological and biostratigraphic research during the geological mapping in Ukraine*. Kyiv: Naukova Dumka, pp. 129–133 (in Russian).
- Tatoli I.A., Fissunencko O.P. 1987. On the role of Carboniferous problems for the reconstruction of palaeoenvironments of the Donets Basin. In: Vyalov O.S. (Ed.), *Biostratigraphy and palaeontology of sedimentary cover of Ukraine*. Kyiv: Naukova Dumka, pp. 42–46 (in Russian).
- Tschernyschew F.N. 1902. Upper Carboniferous brachiopods or the Urals and Timan. Saint Petersburg: M. Stasyukevich (in Russian).
- Ulanovskaya T.Ye., Kalinin V.V., Zelenshikova G.V. 2013. Which orogenic epoch formed the folded basement of the Scythian Plate? In: *Stratigraphy of the upper Proterozoic and Phanerozoic sedimentary formations (Proceedings of the International Scientific Conference, Kyiv, 23–26 September 2013)*. Kyiv; pp. 149–150. (in Russian).
- Weber V.N. 1933. Trilobites of the Donets Basin. Leningrad–Moscow–Novosibirsk: NKTP (in Russian).
- Woodward A.S. 1906. On a Carboniferous fish fauna from the Mansfield District, Victoria. *Memoirs of the National Museum of Victoria*, 1: 1–32.
- Yefimova A.F. 1932. A note on *Gyracanthus* aff. *formosus* Agassiz from the Carboniferous of the Donets Basin. *Scientific notes of the Dnipropetrovsk branch of the Geological Institute*, pp. 63–64. (in Russian).
- Yudovich J.E., Ketris M.P. 1988. Geochemistry of black shales. Leningrad: Nauka (in Russian).
- Zapalski M.K., Clarkson E.N.K. 2015. Enigmatic fossils from the Lower Carboniferous Shrimp Bed, Granton, Scotland. *PLoS ONE*, 10 (12): e0144220. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144220>

<https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.280018>

UDC 621.039.75

Influence of pH and Ca²⁺ Ions on Chemical Composition and Sorption of ¹³⁷Cs by Cherkasy Bentonites (Ukraine)

B.H. Shabalin¹, K.K. Yaroshenko^{1,2*}, N.B. Mitsiuk¹

E-mail: yark.nasu@gmail.com

*Corresponding author /

Автор для кореспонденції:

K.K. Yaroshenko, yark.nasu@gmail.com

¹ State Institution "The Institute of Environmental Geochemistry of National Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine; ² Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Received / Надійшла до редакції:
24.05.2023

Received in revised form /
Надійшла у ревізованій формі:
16.11.2023

Accepted / Прийнято:
19.02.2024

Вплив іонів Ca²⁺ на елементний склад та сорбційну здатність щодо ¹³⁷Cs черкаських бентонітів (Україна)

Б.Г. Шабалін¹, К.К. Ярошенко^{1,2*}, Н.Б. Міцюк¹

¹ Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», Київ, Україна; ² Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна

Keywords: Cherkasy bentonite; Na-modified bentonite; sorption; cesium; Chernobyl Exclusion Zone; engineered barriers..

Ключові слова: черкаський бентоніт; Na-модифікований бентоніт; сорбція; цезій; чорнобильська зона відчуження; інженерні бар'єри.

The safety of near-surface and deep radioactive waste storage facilities is based on a system of engineered and natural barriers. Significant degradation of the engineered barrier system composed of cemented waste matrixes covered by cement mixture, concrete compartments, and structures at the basement of the storage facility may cause radionuclide transfer from the facility to groundwater. Mixing of the cement and concrete with water leads to the formation of several various hydration products with subsequent leaching of Ca²⁺ ions and formation of hydroxyl ions (OH⁻), which affects the alkalinity of the water environment and the sorption properties of bentonite, as a component of the engineered barrier at the basement of near-surface facilities. The article presents the results of an experimental study of the influence of Ca²⁺ ion concentration and pH of the model solution (similar to groundwater composition at Vector Site in Chernobyl Exclusion Zone) on the elemental composition and sorption properties of natural (NB) and Na-modified (PBA-20) bentonites from the Cherkasy deposit concerning ¹³⁷Cs at the Solid : Solution ratio of 1 : 100. Geochemical modeling suggests that addition of CaCl₂ to test solution and resulting alkaline pH leads to precipitation of solids, mainly oxides, hydroxides, Fe oxyhydroxides (hematite, goethite, limonite), and Ca carbonates (calcite, aragonite, dolomite). Their role in Cs adsorption was evaluated. The concentration of structural elements (Si, Al) in bentonites practically does not change with Ca²⁺ ion concentration increase in the model solution, demonstrating the bentonite structure's stability under these conditions. At the same time, an increase in the Ca concentration and a decrease in the Na concentration was found in the ion exchange complex of the bentonites if compared to the initial natural bentonite. This results in the transformation of Na-modified bentonite from Na, Ca-form to Ca, Na-form. The total sorption capacity of NB and PBA-20 bentonite concerning Cs⁺ ions at increased concentrations of Ca²⁺ ions and pH of the solution slightly decreases, though retaining high values of the degree of absorption (> 90 %). The total adsorption of Cs⁺ ions on NB and PBA-20 bentonites from model groundwater with the addition of CaCl₂ from 16 to 960 mg/dm³ and increase of pH from 7.4 to 11.8 decreases with the increase in ionic strength, in particular, due to competition with Ca²⁺ and Na⁺ ions. NB and PBA-20 bentonites of the Cherkasy deposit remain a reliable component of the liner at the repository basement owing to their main functional property – high absorption capacity for ¹³⁷Cs, which is an important dose-forming radionuclide of short-lived low- and medium-level waste.

© Видавець Інститут геологічних наук НАН України, 2024. Стаття опублікована за умовами відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

© Publisher Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, 2024. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Citation: Shabalin B.H., Yaroshenko K.K., Mitsiuk N.B. 2024. Influence of pH and Ca²⁺ Ions on Chemical Composition and Sorption of ¹³⁷Cs by Cherkasy Bentonites (Ukraine). 2024. *Geologichnij žurnal*, 1 (386): 22–31. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.280018>

Цитування: Шабалін Б.Г., Ярошенко К.К., Міцюк Н.Б. Вплив іонів Ca²⁺ на елементний склад та сорбційну здатність щодо ¹³⁷Cs черкаських бентонітів (Україна). *Геологічний журнал*. 2024. № (386). С. 22–31. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.280018>

Introduction

At present, radioactive waste (RAW) in Ukraine is stored in national storage facilities at the Industrial Complex “Vector” (IC “Vector”) in the Chornobyl Exclusion Zone (ChEZ). The IC “Vector” accepts various classes of RAW, including low- and intermediate-level waste with short-lived radionuclides (LILW-SL), from various enterprises generating waste and from interim waste storage facilities. Large volumes of accumulated radioactive waste require an extension of the already existing storage facilities and the construction of new ones (State Agency of Ukraine on Exclusion Zone Management, 2022).

The safety of such storage facilities is based on an engineered (EBS) and natural barrier system, and it determines the Waste Acceptance Criteria (WAC) for the disposal of radioactive waste at each facility. The WAC for near-surface disposal facilities for LL-ILW at IC “Vector” contains requirements on the rate of radionuclide leaching from a waste matrix (for example, cement) of immobilized LILW-SL by groundwater (Criteria for acceptance of radioactive waste for disposal, 2009), which would also affect the performance of other EBS components.

Most of the world’s concepts of near-surface and deep disposal facilities for radioactive waste consider bentonite clays as an underlying engineered barrier at the base of the storage facility or as compaction and backfill material (Canadian National Report for the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management, 2020; Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management, 2020; Sweden’s seventh national report under the Joint Convention on the safety of spent fuel management, 2020; Shabalin et al., 2023). The isolating hydraulic and sorption properties of bentonite clays are much higher than those of other clay materials (Wilson, 2013).

In the absence of emergencies, only significant degradation of the EBS may cause radionuclide transfer from the facility with infiltration to groundwater. The RAW and EBS components at the base of the repository can encounter water due to leakage through the walls and basement of the compartments because of flooding (for example, with rising groundwater or/and perched water levels), as well as with atmospheric precipitations through insufficiently watertight engineered covering of the facility.

In the process of functioning (the post-closure institutional control period lasts for 300 years) of

near-surface RAW storage facilities, the bentonite barriers can be exposed to a strongly alkaline environment, and increased concentration of Ca²⁺ ions produced in the case of concrete-cement structures and cement matrices degradation. Under such conditions, the contact of bentonites with an aqueous environment can change the sorption properties of bentonites with respect to cations of radionuclides (Balmer et al., 2016).

A lot of laboratory studies of cement (concrete) – bentonite systems showed that extended chemical reactions between the pore water and concrete-cement hydration products lead to partial dissolution of the formed solid phases and leaching of Na⁺ and K⁺ ions at the initial stage and later of Ca²⁺ from cement (concrete) with the formation of hydroxyl ions (OH⁻). These processes increase the alkalinity of the water environment, starting from pH 11–12, and affect the stability of bentonites and their physical and chemical properties (Pusch et al., 2003; Karnland et al., 2007; Kaufhold and Dohrmann, 2011; Anh et al., 2017; Liu et al., 2018).

One of the mechanisms affecting the sorption properties of bentonites is self-compaction due to precipitation and co-precipitation caused by the composition, pH and/or redox potential Eh of the contact water due to filling pore spaces with degradation products.

Consequently, determining the elemental composition and sorption properties of bentonites in case of degradation of the cement-concrete EBS components of a near-surface RAW storage facility is a fundamental area of research related to radioactive waste disposal.

The maximum specific activity of radionuclides in wastes disposed of in near-surface facilities can reach 3.7×10^7 Bq/kg (Management of radioactive waste, 2018). The radionuclide composition of waste buried in surface / near-surface repositories is quite diverse and includes ¹³⁷Cs, ¹³⁴Cs, ⁹⁰Sr, ⁶⁰Co, ⁵⁴Mn, ²³⁹Pu, ²⁴¹Am, and several short-lived radionuclides. The ¹³⁷Cs represent one of the most environmentally hazardous components of radioactive waste stored in near-surface repositories due to the long half-life of this radionuclide and the high yield during the uranium fuel fission in reactors in Ukraine.

The article aims to assess the influence of Ca²⁺ ion concentration in model solution (similar to the composition of groundwater at the “Vector” Site in the Chornobyl Exclusion Zone) on the elemental composition and sorption properties of the Cher-

kasy bentonites for ^{137}Cs in case of degradation of cement-concrete engineered barriers in a near-surface radioactive waste storage facility.

While this study is focused on ^{137}Cs , it is interesting to conduct similar studies for other radionuclides such as ^{90}Sr , ^{60}Co , and other radioactive constituents present in RAW.

Materials and Methods

Bentonite Characterization. We used powdered natural (NB) and industrial sodium modified (PBA-20) Cherkasy bentonite. The characteristics of the bentonites are presented in previous authors' articles (Shabalin et al., 2018; Shabalin et al., 2022).

Bentonite clays of the Cherkasy deposit (Dashukivka area, II layer) consist mainly of low-dispersed fractions: the 0.005–0.001 mm fraction makes 86–87.5 wt. %. Natural bentonite predominantly comprises smectite (Ca-montmorillonite) – 70–75 wt. % and quartz – 20–25 wt. %. The accessory minerals are calcite (3–5 %), kaolinite (3–5 %), mica (5 %) and feldspar (3 %). SiO_2 contained in quartz, cristobalite, and silica, which is confirmed by plasma atomic emission spectrometry data. The composition of exchangeable cations is as follows (mg-equiv/100 g): Na^+ – 2.6; Ca^{2+} – 41.3; Mg^{2+} – 32.6; K^+ – 1.2; the total amount of exchangeable cations is 77.6.

The chemical composition of bentonites was studied by scanning electron microscopy (SEM) in combination with roentgen energy dispersion spectroscopy (EDS) using a scanning electron microscope JSM-6700F, equipped with an energy dispersion system for microanalysis JED-2300 (JEOL, Japan). SEM images and the chemical composition of the samples were obtained at an accelerating voltage of 15 kV, a probe current of 6×10^{-10} Å, and a probe diameter of 1 to 2 μm . Pure metals, minerals, oxides, and fluorides were used as standards. The relative error (%) was as follows: SiO_2 – 0.87; Al_2O_3 – 0.75; $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ – 0.35; MgO – 0.22; CaO – 0.36; Na_2O – 0.23; K_2O – 0.49.

Mineral composition of sediments. The composition of sediments (precipitated solids) in the model solution under the experimental conditions was simulated using the program Modeling with USGS PHREEQC (PHREEQC Software), which analyses the chemical composition, pH, and Eh of multicomponent solutions.

Solution Chemistry. The initial composition of the model solution was like the composition of groundwater at the Vector Site in the Chernobyl Exclusion Zone and is given in Table 1 (Shestopalov, 1999).

γ -spectrometry. The isotope indicator used in the experiments was ^{137}Cs isotope ($t_{1/2} = 30.15$ years) in the solution form with radionuclide purity of more than 99.5 %. The activity of the initial solution

Table 1. Initial composition of model solution simulating the ChEZ groundwater

Ions	Na^+	Ca^{2+}	K^+	Fe^{2+}	Mg^{2+}	Cs^+	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	NO_3^-	Mineralization
Concentration, mg/dm ³	31.2	16.0	3.3	1.0	4.8	1.0	42.4	27.2	68.9	5.7	201.5

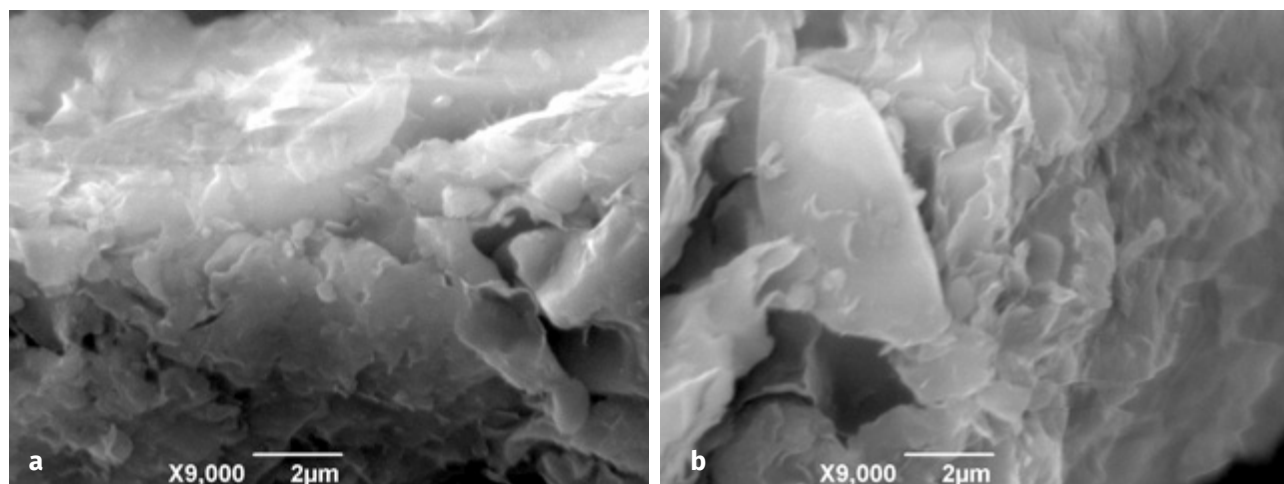


Fig. 1. Suspension of natural (a) and Na-modified (b) bentonite of the Cherkasy deposit (Dashukivka site, II layer). pH 11.8; Ca^{2+} ion concentration – 960 mg/dm³

was 3.13×10^4 Bq/dm³. ¹³⁷Cs activity was measured using the semiconductor γ -spectrometer "ATOLL-1M" (Ukraine) with CsI-crystals. The relative error of measuring the radionuclide activity by semiconductor detectors depends on the sample activity and the measurement time (set by the operator). The sample measurement time was 60 minutes. The error ¹³⁷Cs activity measuring in the initial solution (high activity) was 1 %. The error of measuring the ¹³⁷Cs activity in the solutions after sorption (low activity) was within 3.2–21.8 % depending on the amount of activity.

Potentiometry. The pH of the solution was measured with a potentiometer (pH meter) "IT pH-150" (Russian Federation) with an appropriate electrode. The relative measurement error is ± 0.1 unit.

Experimental procedure. For the batch experiments, 50 ml aliquots of the solution were taken for each sample. Then CaCl₂ solution was added to the samples to reach Ca²⁺ concentration equal to 160 mg/dm³ (4×10^{-4} mol/L), 320 mg/dm³ (8×10^{-4} mol/L), 640 mg/dm³ (1.6×10^{-3} mol/L) and 960 mg/dm³ (2.4×10^{-3} mol/L) taking into account the significant amount of cement and concrete in the total mass of near-surface modular LILW-SL storage facilities (Industrial..., 2003).

NaOH (0.1 M) was added to the samples to achieve pH₀ of the solutions 9.5 and 11.8 (± 0.05 –0.1). Powdered bentonite was added to the solution in a ratio of 1 : 100 (0.5 g of bentonite per 50 ml of model solution). After 24 hours, the mixture was filtered through a microporous Capron membrane filter (0.2 μ m pore size) using a Buchner funnel vacuum pump and a Bunsen flask. The residual activity of the filtrate and the final pH values were measured. Each experiment was repeated three times, and the average value was used. The maximum experimental error was 0.5 %. The accuracy of determination of the degree of sorption of ¹³⁷Cs on bentonites and of respective K_d values was calculated considering both experimental and analytical errors.

Results and Discussion

The results of experiments of the ¹³⁷Cs adsorption on natural and soda-modified bentonite are shown in Figs. 1, 2 and Table 2. SEM images (see Fig. 1) show that the natural morphology of bentonite particles is preserved during sodium modification, which confirms the resistance of its structure to alkaline effects (Shabalin et al., 2022). So, the cesium adsorption cannot be related to the decomposition of the structure and dissolution of bentonite. Similar results on the contact interaction between natural and alkali-modified bentonites from various deposits and Portland cement in an aqueous environment are reported in the publications of (Sato et al., 2003; Anh et al., 2017; Morozov et al., 2022).

At the same time, the composition of the interlayer ion exchange complex of bentonites, which is mainly determined by the surrounding equilibrium solution, changes. An increase in Ca and a decrease in Na concentrations in the interlayer ion exchange complex compared to the original bentonites is explained by the ion exchange of Na⁺ in the montmorillonite structure. An increase in the mass fraction of CaO in the chemical composition of bentonite after contact with solutions containing high concentrations of Ca²⁺ is an important indicator of its competitive sorption, which leads to a decrease in the sorption properties of bentonite concerning ¹³⁷Cs. Moreover, the mass fraction of CaO increases twice for natural bentonite – from 5.33 to 11.64 %, for Na-modified bentonite three times – from 2.27 to 6.75 %. Similar results were obtained in experiments with bentonites saturated with CaCl₂ solutions (Kaufhold and Dohrmann, 2011). Minor variations in the composition of Al and Fe can be explained by the partial dissolution of these elements on the wedge-shaped edge areas of the montmorillonite layers and partly by the relative error of the used method. The decrease in the concentration of quartz (see Table 2) occurs due to quartz amorphization and its dissolution in the solution with an excess of Ca(OH)₂ from a highly alkaline pH.

Table 2. Average chemical composition of bentonites (based on energy dispersion spectroscopy data – EDS)*

Oxides	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO+Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
Natural bent.	65.85	17.56	6.89	2.78	ND	5.33	0.9	0.71	100.01
1	61.13	16.26	8.00	2.13	ND	11.64	0.21	0.63	100.00
Na-mod. bent.	66.17	16.51	4.21	1.61	0.33	2.27	8.49	0.4	99.99
2	65.6	15.32	7.71	1.25	ND	6.75	3.04	0.33	100.00

*Note. Average values of 10 measurements with an area of 0.25 mm²; 1 – natural bentonite with the addition of Ca²⁺ in a model solution – 960 mg/dm³, pH 11.8; 2 – bentonite PBA-20 with the addition of Ca²⁺ in a model solution – 960 mg/dm³, pH 11.8; ND – not detected.

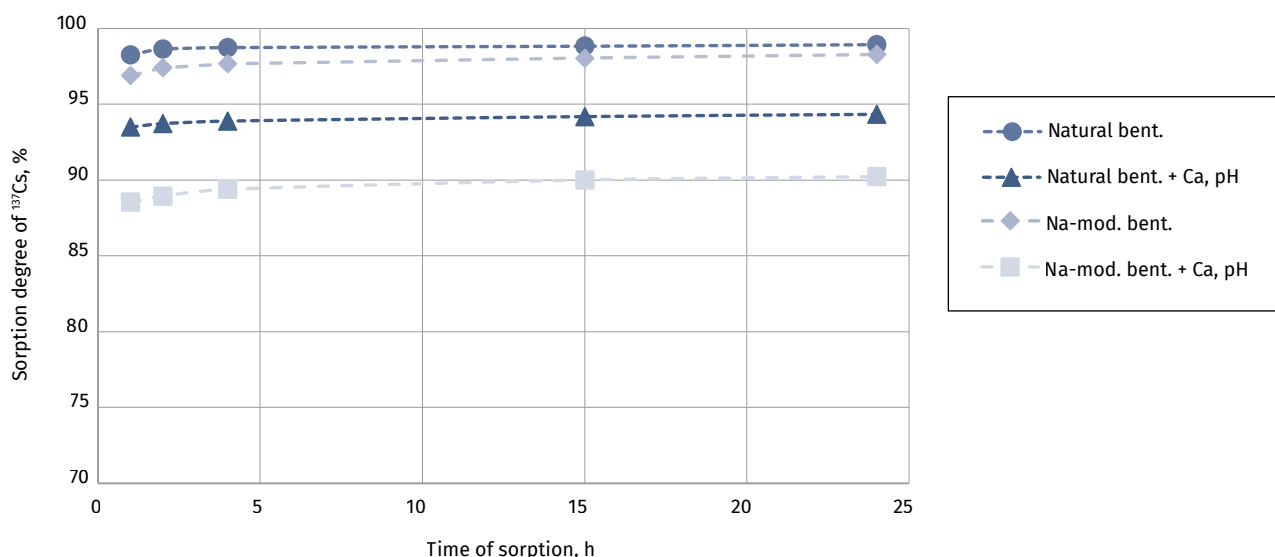


Fig. 2. Kinetics of ^{137}Cs adsorption on natural (NB) and Na-modified (PBA-20) Cherkasy deposit bentonites from a model solution in the presence of Ca^{2+} (960 mg/dm^3) and pH_0 11.8

Adsorption of Cs on bentonite in the presence of Ca^{2+} (960 mg/dm^3) and pH_0 11.8 is relatively fast, and the equilibrium is established in 14–15 hours (see Fig. 2). In NB and PBA-20 clays, the pH of the equilibrium solutions slightly differed from the pH_0 of the initial solutions. It is explained by the different buffering capacities of the clays and deprotonation of the edge structural units of montmorillonite ($=\text{SOH} \leftrightarrow =\text{SO}^- + \text{H}^+$). Similar dependencies concerning the contact interaction between natural bentonites from different deposits and Portland cement are reported in international comprehensive studies (Disposal-Engineered..., 2004; Geological..., 2016).

The mechanism of cation adsorption on montmorillonite is complex and has yet to be determined. One of the reasons why it is difficult to study this mechanism is that sorption occurs on a small area that cannot be observed even with the latest experimental equipment (Okumura et al., 2018). Generally, the sorption mechanism is explained by the specific characteristics of the structure and heterogeneity of the montmorillonite surface (Proceedings..., 2004).

According to the X-ray structure analysis data, the main mechanism of Cs^+ ion adsorption on montmorillonites is the ion exchange mechanism of interaction on flat surfaces of bentonite, which does not depend on the pH of the solution (Belousov et al., 2019). Still, it decreases with an increase in the ionic strength of solutions at low and high pH (Priadko et al., 2020).

Another mechanism of Cs^+ ion adsorption is sorption at the expanded edge regions of montmorillonite layers. It was found (Osipov and Sokolov, 2013) that ions with low hydration energy (Cs^+ , Rb^+ , K^+ , NH_4^+) can comparatively easily lose their hydration shell and penetrating the wedge-shaped edge areas of montmorillonite layers, formed fixed forms ($=\text{SOH} + \text{R}^+ \leftrightarrow =\text{SOR} + \text{H}^+$, S = edge area, $\text{R} = \text{Cs}^+$, Rb^+ , K^+ , NH_4^+). Such sites are extremely highly selective towards Cs^+ ions compared to other singly charged cations and depend on the pH of the solution. Such adsorption centers may fix Cs^+ by the chemisorption process due to deprotonation. This bond is stronger than the electrostatic interaction of Cs^+ ions with flat surfaces in the form of exchangeable cations. The centers are more selective; they are initially filled with Cs^+ ions, significantly contributing to total sorption (Anderson et al., 1998).

The data we obtained from this study suggest that the total adsorption of Cs^+ ions on NB and PBA-20 from model groundwater solutions after adding CaCl_2 solution from 16 mg/dm^3 to 960 mg/dm^3 and an increase in pH_0 – from 7.4 to 11.8 decreases with an increase in ionic strength also due to competition with Ca^{2+} and Na^+ ions. But it retains high values ($> 90\%$) (Fig. 3). Thus, the degree of Cs adsorption (%) on natural bentonite at pH_0 7.4 with the increase in Ca^{2+} ion concentration from 16 to 960 mg/dm^3 decreases from 97.7 ± 1.0 to 88.2 ± 1.3 , at pH_0 9.5 – from 98.4 ± 0.9 to 90.2 ± 1.0 , at pH_0 11.8 – from 99.4 ± 0.9 to 91.2 ± 1.0 . For PBA-20 bentonite at pH_0 7.4 and the concentration of Ca^{2+} ions 16 mg/dm^3 , the degree of

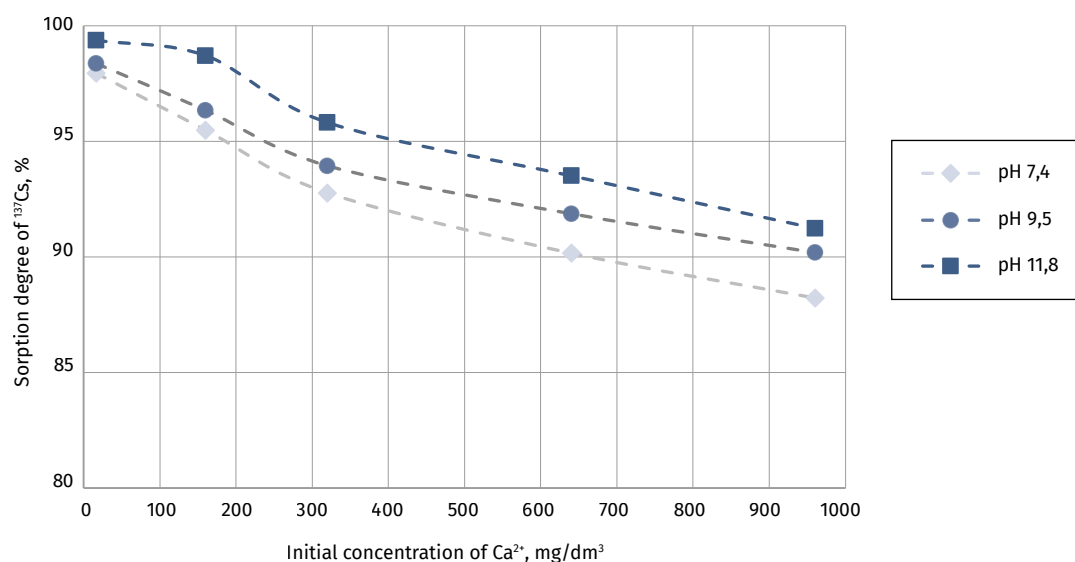


Fig. 3. Dependence of the degree of ¹³⁷Cs adsorption on natural bentonite from the Cherkasy deposit on the concentration of Ca²⁺ ions and pH₀ of the model solution

Cs adsorption is 98.2 ± 0.9 , at pH₀ 11.8 and the concentration of Ca²⁺ ions 960 mg/dm³ it decreases to 90.2 ± 1.0 %. Accordingly, the calculated phase distribution coefficients of ¹³⁷Cs (K_d) adsorbed on natural bentonite at pH₀ 7.4 and Ca²⁺ ion concentration 16 mg/dm³ in the model groundwater solution increases. In contrast, with an increase in pH and Ca²⁺ ion concentration, it decreases (Table 3), which fully corresponds to the conclusions from the data on the ¹³⁷Cs sorption degree. Earlier, it was shown (Shabalin et al., 2022) that at neutral pH (6.1) and the concentration of Na⁺ ions from 6.1 to 61 mg/dm³ and Ca²⁺ ions from 16 to 60 mg/dm³, the values of adsorption degree remain high enough – at least 80 % for both types of bentonite. The difference in the adsorption degree values is within 10 %. Similar dependencies are reported by (Hong et al., 2016), i.e., K_d of bentonite increases with the increase in pH and decreases with the increase in ionic strength of the contact solution.

In (Nakano et al., 2003) the energy of Cs⁺ ion adsorption on Na-bentonite was measured. It was found that montmorillonite has at least two types of sorption centers for Cs⁺ cations. It was also observed that bentonite MX 80 (Wyoming, USA) treated with cesium chloride solution, contains sorption centers in the interlayer spaces and extended edge areas of bentonite layers (Bostick et al., 2002). Thus, we can conclude that the adsorption of Cs⁺ ions on bentonites occurs mainly via two mechanisms. The main sorption mechanism is the fixation of Cs⁺ on flat surfaces due to ion exchange. Increasing pH to alkaline values strengthens the pH-dependent positions on the wedge-shaped edge areas of montmorillonite layers, on which Cs⁺ ions can be fixed more firmly. In (Makarov et al., 2017), it was published that the adsorption of various cations on alkaline and alkaline earth bentonites does not affect the nature of the distribution of the main active centers but changes their ratio in the alkaline regions of pH values.

Table 3. Distribution coefficients (K_d) of ¹³⁷Cs adsorption on natural bentonite of the Cherkasy deposit from a model solution depending on pH and concentration of Ca²⁺ ions

Concentration of Ca ²⁺ , mg/dm ³	16	160	320	640	960
pH₀	7.4				
K_d (¹³⁷ Cs), ml/g	4800 ± 60	2120 ± 40	1280 ± 30	920 ± 30	750 ± 30
pH₀	9.5				
K_d (¹³⁷ Cs), ml/g	6030 ± 70	2630 ± 40	1550 ± 30	1130 ± 30	920 ± 30
pH₀	11.8				
K_d (¹³⁷ Cs), ml/g	16000 ± 130	7660 ± 80	2290 ± 40	1440 ± 30	1040 ± 30

Adsorption of Cs⁺ cations on montmorillonites is accompanied by competitive interaction with Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, and K⁺ cations at alkaline pH values. In NB and PBA-20 bentonites, Na⁺ and Ca²⁺ ions usually co-exist in the interlayer space as compensatory ions. In montmorillonite, the mobility of Na⁺ is always much higher than that of Ca²⁺ due to the difference in their hydration shells and hydration energy (Ca²⁺ > Na⁺ > Cs⁺). Based on the contact time of aqueous solutions with hydration complexes of Na⁺ and Ca²⁺, the complexes with Ca²⁺ are more stable than with Na⁺. In montmorillonites with a high Ca²⁺/Na⁺ ratio, a clearly expressed inhibitory impact of Ca²⁺ hydrate complexes on Na⁺ mobility was found (Ferrage et al., 2007). Thus, the sorption of Cs⁺ on the basal surfaces is blocked by excess Ca²⁺ cations, which are well-adsorbed on these sites. In other words, the sorption properties of bentonite concerning ¹³⁷Cs can be limited owing to the partial blocking of the sorption centers by Ca²⁺ ions on the interlayer and the basal and edge surfaces (Zhang et al., 2014). This is also observed from the results of our experiments.

The processes of ¹³⁷Cs adsorption (as well as other radionuclides) from multicomponent solutions with different pH, Eh, and salt composition values also depend on the precipitated insoluble or sparingly soluble compounds on the bentonite surface. According to our computer simulations data, in model groundwater with the addition of CaCl₂ solutions and alkaline pH, small amounts of sediments, mainly oxides, hydroxides, oxyhydroxides of Fe (hematite, goethite, limonite) and Ca carbonates (calcite, aragonite, dolomite) were present (Fig. 4). Insoluble Fe compounds play an important role in Cs adsorption processes on bentonites (Shabalin et al., 2022). At the same time, they block adsorption centers predominantly on the basal surface of montmorillonite though partially adsorbing Cs. Adsorption of these compounds is non-selective, the bonds are weaker than in montmorillonite. High Cs adsorption values indicate (see Fig. 2, 3; Table 3) that the formed insoluble / sparingly soluble compounds on the surface of bentonites do not block the interlayer surface of montmorillonite but are formed mainly on the basal surface, chips, and surface defects of the mineral grains. Taking into account the obtained results of ¹³⁷Cs adsorption on both types of bentonites, it can be assumed that PBA-20 bentonite gets more compacted with pore collapse due to precipitation of insoluble / sparingly soluble compounds on the surface than the natural sample, which requires additional research.

Conclusions

In our study of the influence of the Ca²⁺ ion concentration (from 16 to 960 mg/dm³) and pH (from 7.4 to 11.8) of the model solution (similar to the composition of groundwater at the Vector Site in the Chernobyl exclusion zone) on the elemental composition and adsorption properties of natural (NB) and Na-modified (PBA-20) bentonites from the Cherkasy deposit concerning ¹³⁷Cs, in case of failure of the components of the water-proofing liner and degraded concrete constructions of the engineered barrier system of a near-surface RAW storage facility we obtained the following results:

1. Based on geochemical modeling, adding CaCl₂ to test solutions with alkaline pH, the precipitated solids are formed mainly in the form of iron oxides, hydroxides, oxyhydroxides (hematite, goethite, limonite), and calcium carbonates (calcite, aragonite, dolomite), which considerably impact Cs adsorption processes.
2. The concentration of montmorillonite's main structural elements (Si, Al) (the dominating mineral of bentonite) practically does not change with increased Ca²⁺ ion concentration and pH of the model solution, demonstrating the bentonite structure stability. At the same time, the concentration of Ca increases and Na decreases in the ion exchange complex of bentonites. Thereby PBA-20 bentonite transforms from a Na, Ca-form into Ca, Na-form.
3. Increased concentrations of Ca²⁺ ions in the model solution and alkaline pH reduce the efficiency of Cs adsorption on bentonites. The total adsorption of Cs⁺ on natural and modified (soda) bentonites from model solutions with the addition of CaCl₂ from 16 to 960 mg/dm³ and an increase in pH value from 7.4 to 11.8 decreases with an increase in ionic strength. This occurs due to competition with Ca²⁺ and Na⁺ ions. Despite the above, the values of adsorption remain high (> 90 % at solid : liquid ratio of 1 : 100). So, the degree of Cs adsorption (%) on natural bentonite at pH₀ 7.4 with an increase in Ca²⁺ ion concentration from 16 to 960 mg/dm³ decreases from 97.7 ± 1.0 to 88.2 ± 1.3, at pH₀ 9.5 – from 98.4 ± 0.9 to 90.2 ± 1.0, at pH₀ 11.8 – from 99.4 ± 0.9 to 91.2 ± 1.0. For PBA-20 bentonite at pH₀ 7.4 and Ca²⁺ ion concentration 16 mg/dm³, the degree of Cs adsorption is 98.2 ± 0.9 %, at pH₀ 11.8 and Ca²⁺ ion concentration 960 mg/dm³, it decreases to 90.2 ± 1.0 %. Thus, the calculated phase distribution coefficients (K_d) of ¹³⁷Cs adsorption on

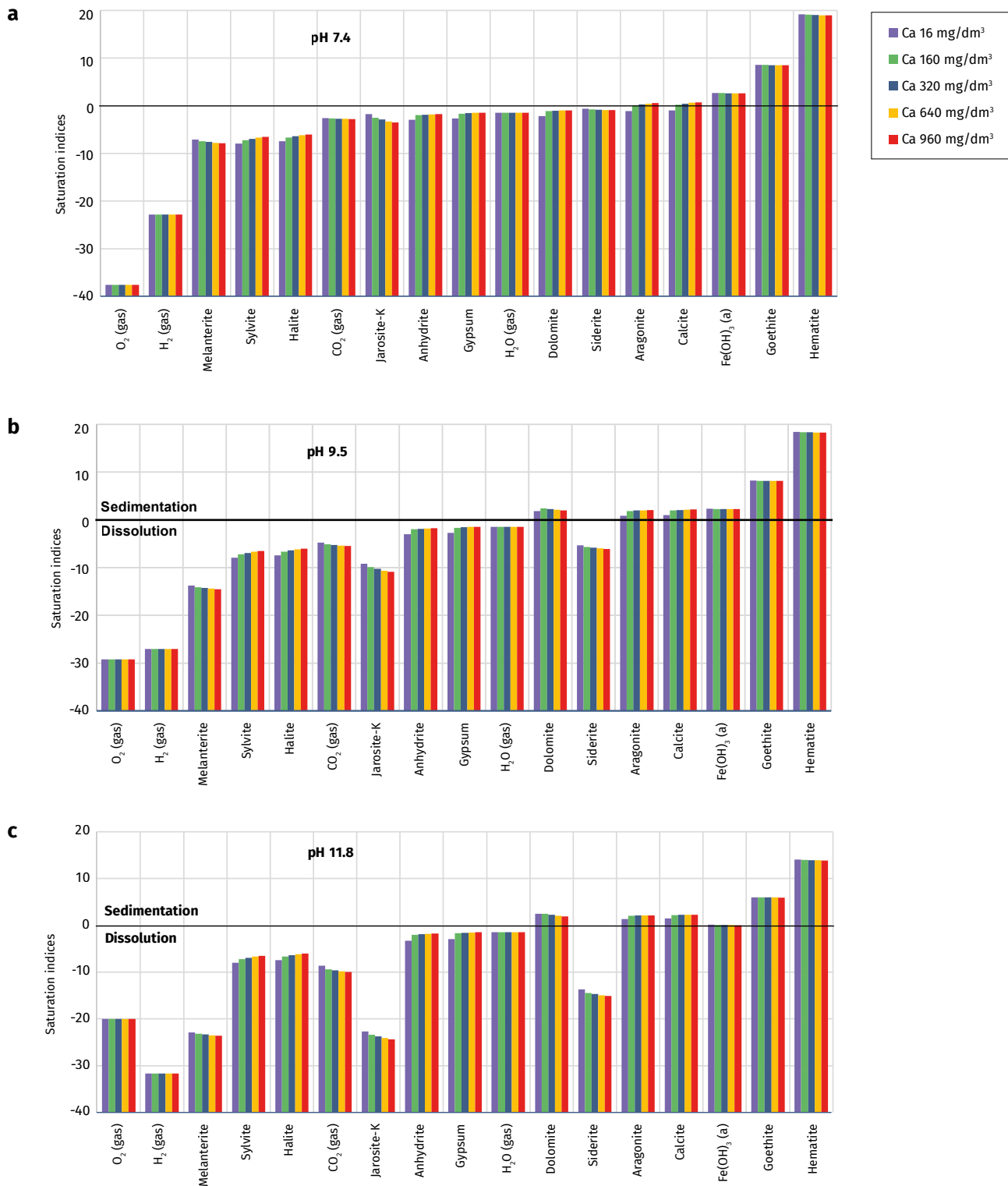


Fig. 4. Phase composition of model solutions with the addition of excess Ca²⁺ (Modelling with PHREEQC software)

NB increase at pH₀ 7.4 and Ca²⁺ ion concentration 16 mg/dm³ in the model pore water solution, while with an increase of pH and Ca²⁺ ion concentration, the K₀ values decrease.

4. Natural and modified (PBA-20) Cherkasy bentonites, in case of failure of the water-retaining barrier components and degradation of the engineered barrier systems in a near-surface ra-

dioactive waste storage facility, remain a reliable component of the isolating liner at the basement of the facility, retaining its main functional property – high values of adsorption concerning the important dose-forming radionuclide ¹³⁷Cs which is present in short-lived low- and medium-level waste, contributing to the safety of storage facilities safe for population and environment.

Безпека приповерхневих сховищ радіоактивних відходів ґрунтується на системі інженерних і природних бар'єрів. Значна деградація інженерної бар'єрної системи, що складається з цементованих матриць відходів, покритих цементною сумішшю, бетонних відсіків і конструкцій у підвалі сховища, може спричинити перенесення радіонуклідів зі сховища з інфільтрацією в ґрунтові води. Змішування цементу і бетону з водою призводить до утворення низки різних продуктів гідратації з подальшим вилугуванням іонів Ca^{2+} та утворенням гідроксильних іонів (OH^-), що впливає на лужність водного середовища і сорбційні властивості бентонітів як компонентів протиміграційного бар'єру в основі приповерхневих сховищ. У статті наведено результати експериментального дослідження впливу концентрації іонів Ca^{2+} та величини рН модельного розчину (аналогічного складу підземних вод майданчика «Вектор» у Чорнобильській зоні відчуження) на елементний склад і сорбційні властивості природного (ПБ) і Na-модифікованого (ПБА-20) бентонітів Черкаського родовища щодо ^{137}Cs у співвідношенні тверда речовина : розчин як 1 : 100. Геохімічне моделювання показує, що додавання CaCl_2 до модельного розчину та кінцеве лужне рН призводять до осадження твердих речовин, головним чином оксидів, гідроксидів, оксигідроксидів Fe (гематит, гетит, лимоніт), карбонатів Ca (кальцит, арагоніт, доломіт). Оцінено їх роль в адсорбції Cs. Концентрація структурних елементів (Si, Al) в бентонітах практично не змінюється при збільшенні концентрації іонів Ca^{2+} в модельному розчині, що свідчить про стабільність структури бентоніту в цих умовах. При цьому в іонообмінному комплексі бентонітів виявлено збільшення концентрації Ca та зменшення концентрації Na у порівнянні з вихідним природним бентонітом. Це призводить до перетворення Na-модифікованого бентоніту з Na, Ca-форми в Ca, Na-форми. Сумарна сорбційна здатність бентонітів ПБ та ПБА-20 щодо іонів Cs^+ при підвищеній концентрації іонів Ca^{2+} та рН розчину дещо знижується, але зберігає високі значення ступеня абсорбції (> 90 %). Сумарна адсорбція іонів Cs^+ бентонітами ПБ та ПБА-20 з модельного розчину підземних вод із додаванням CaCl_2 від 16 до 960 мг/дм³ та підвищенням рН₀ від 7,4 до 11,8 зменшується зі збільшенням іонної сили, зокрема за рахунок конкуренції з іонами Ca^{2+} та Na^+ . Бентоніти ПБ та ПБА-20 Черкаського родовища залишаються надійним компонентом футеровки фундаменту сховища завдяки основній функціональній властивості – високій поглинальній здатності щодо ^{137}Cs , який є важливим дозоутворюючим радіонуклідом короткоживучих низько- та середньоактивних відходів.

References

- Anderson H.L., Brady P.V., Cygan R.T., Gruenhagen S.E., Nagy K.L., Westrich H.R. 1998. Sorption on Clays and Fe-Oxides. *Proceedings of the 19th US Department of Energy Low Level Radioactive Waste Management Conference*, 10–12 November 1998, Salt Lake City.
- Anh H.N., Jo H.Y., Kim G.Y. 2017. Effect of alkaline solutions on bentonite properties. *Environmental Earth Science*, 76: 1–10.
- Balmer S., Kaufhold S., Dohrmann R. 2016. Cement-bentonite-iron interactions on small scale tests for testing performance of bentonites as a barrier in high-level radioactive waste repository concepts. *Applied Clay Science*, 135: 427–436. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clay.2016.10.028>
- Belousov P., Semenikova A., Egorova T., Romanchuk A., Zakusin S., Dorzhieva O., Tyupina E., Izosimova Y., Tolpe-shita I., Chernov M., Krupskaya V. 2019. Cesium sorption of glauconite, bentonite, zeolite and diatomite. *Minerals*, 9 (10): 625.
- Bostick B.C., Vairavamurthy M.A., Karthikeyan K.G., Chorover J. 2002. Cesium Adsorption on Clay Minerals: An EXAFS Spectroscopic Investigation. *Environmental Scientific Technologies*, 36: 2670–2676.
- Canadian National Report for the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management. 2020. *Canadian Seventh National Report*, 318 p. https://publications.gc.ca/collections/collection_2021/ccsn-cnsc/CC172-23-2020-eng.pdf
- Criteria for acceptance of radioactive waste for disposal in a specially equipped near-surface storage facility for solid radioactive waste (SENRSRW). 2009. First stage of operation. Reception of radioactive waste from CPRRW and ZPSRW SSE ChEZ for disposal in two symmetrical compartments of SENRSRW. (in Russian).
- Disposal-Engineered Barrier System Status Report. 2004. *Proceedings of international workshop on bentonite-cement-interaction in repository environments*. NUMO-TR-04-05, 14–16 April 2004, Tokyo, p. 190. https://www.numo.or.jp/en/reports/pdf/NUMO_TR_04_05.pdf
- Ferrage E., Lanson B., Sakharov B.A., Geoffroy N., Jacquot E., Drits V.A. 2007. Investigation of Dioctahedral Smectite Hydration Properties by Modeling of X-ray Diffraction Profiles: Influence of Layer Charge and Charge Location. *American Mineralogist*, 92: 1731–1743. <https://doi.org/10.2138/am.2007.2273>
- Geological Disposal Engineered Barrier System Status Report. 2016. NDA Report DSSC/452/01.146 p. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/635138/NDA_Report_no_DSSC-452-01-Geological
- Hong J.L., Shui-Bo X., Liang-Shu X., Quan T., Xi K., Fei H. 2016. Study on adsorptive property of bentonite for cesium. *Environmental Earth Sciences*, 75: 148. <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4941-2>
- Industrial Complex for the Management of Solid Radioactive Waste of the Chernobyl Nuclear Power Plant (ICMSRW of the Chernobyl Nuclear Power Plant). 2003. Assessment of the impact on the environment of a specially equipped near-surface repository of solid radioactive waste (SENRSRW). *Institute for maintenance of nuclear power plants*, 217 (in Russian).
- Improving the radioactive waste management infrastructure in the Chernobyl exclusion zone. Stage I. Safety assessment. 2012. Report on task 5.1 Report on the safety analysis of the existing Buryakovka PLRW. Project INSC-U4.01/08-B (in Russian).
- Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management. 2020. *7th Finnish National Report as referred to in Article 32 of the Convention*, STUK report STUK-B, Helsinki, 218, 157 p. <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/140601/stuk-b259.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Karnland O., Olsson S., Nilsson U., Sellin P. 2007. Experimentally determined swelling pressures and geochemical interactions of compacted Wyoming bentonite with highly alkaline solutions. *Physics. Chemistry Earth*, 32: 275–286.
- Kaufhold S., Dohrmann R. 2011. Stability of bentonites in salt solutions III-Calcium hydroxide. *Applied Clay Science*, 51: 300–307.
- Liu L.N., Chen Y.G., Ye W.M., Cui Y.J., Wu D.B. 2018. Effects of hyperalkaline solutions on the swelling pressure of compacted Gaomiaozhi (GMZ) bentonite from the viewpoint of Na^+ cations and OH^- anions. *Applied Clay Science*, 161: 334–342.
- Makarov A.V., Zharkova V.O., Yershova Ya.Yu., Tyupina Ye.A., Krupskaya V.V. 2017. Sorption of Sr-90 and Cs-137 on monocationic bentonite forms of the Tagan deposit. *Advances in chemistry and chemical technology*, 31, 10: 16–18 (in Russian).
- Management of radioactive waste during the operation of the Nuclear Power Plant of SE «NNEGC «Energoatom». Report. 2018. SE «NNEGC «Energoatom», 94 p. (in Ukrainian).

- Morozov I., Zakusin S., Kozlov P., Zakusina O., Roshchin M., Chernov M., Boldyrev K., Zaitseva T., Tyupina E., Krupskaya V. 2022. Bentonite-Concrete Interactions in Engineered Barrier Systems during the Isolation of Radioactive Waste Based on the Results of Short-Term Laboratory Experiments. *Applied Sciences*, 12: 3074. <https://doi.org/10.3390/app12063074>
- Nakano M., Kawamura K., Ichikawa Y. 2003. Local Structural Information of Cs in Smectite Hydrates by Means of an EXAFS Study and Molecular Dynamics Simulations. *Applied Clay Science*, 23: 15–23.
- Okumura M., Kerisit S., Bourge I.C., Lammersd L.N., Ikedaf N., Sassib M., Rossob K.M., Machida M. 2018. Radiocesium interaction with clay minerals: Theory and simulation advances Post-Fukushima. *Journal of Environmental Radioactivity*, 189: 135–145.
- Osipov V.I., Sokolov V.N. 2013. Clays and their structural properties. Composition structure and properties formation. Moscow: GEOS (in Russian).
- Priadko A.V., Tiupina Ye.A., Zakusin S.V. 2020. Influence of acidic and alkaline effects on the structure, sorption and surface properties of bentonites. *Advances in chemistry and chemical technology*, 34, 9 (232): 17–19 (in Russian).
- Proceedings of the International Workshop on Bentonite-Cement Interaction in Repository Environments. 14–16 April 2004, Tokyo.
- PHREEQC Software. United States Geological Survey, 2021. <https://www.usgs.gov/software/phreeqc-version-3>
- Pusch R., Zwahr H., Gerber R., Schomburg J. 2003. Interaction of cement and smectitic clay – Theory and practice. *Applied Clay Science*, 23: 203–210.
- Sato T., Kuroda M., Yokoyama S. Fukushi K., Tanaka T., Nakayama S. 2003. Mechanism and Kinetics of Smectite Dissolution under Alkaline Conditions. *Proceedings of the International Workshop on Bentonite-Cement Interaction in Repository Environments*, 14–16 April 2004, Tokyo, p. 116–120. https://www.numo.or.jp/en/reports/pdf/NUMO_TR_04_05.pdf
- Shabalin B.G., Lavrynenko O.M., Mitsiuk N.B. 2023. Disposal of short-lived low- and intermediate-level waste: analysis of foreign experience. *Bulletin of National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". Series "Chemical Engineering, Ecology and Resource Saving"*, 1 (22): 75–87. <https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2023.276449> (in Ukrainian).
- Shabalin B.G., Yaroshenko K.K., Lavrynenko O.M., Mitsiuk N.B. 2022. Mineral composition and adsorption capacity of precipitates formed during ozonation of radioactively contaminated water from Nuclear Power Plants towards ¹³⁷Cs. *Mineralogical journal*, 44 (2): 60–68. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.44.02.060>
- Shabalin B., Lavrynenko O., Kosorukov P., Buhera S. 2018. Prospects for the use of natural smectite clays of Ukraine for the creation of a geological repository for radioactive waste. *Mineralogical Journal*, 40 (4): 65–78. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.04.065> (in Ukrainian).
- Shabalin B., Yaroshenko K., Buhera S., Mitsiuk N. 2022. Mineralogical-Geochemical Properties of Bentonite Clays of the Cherkasy Deposit to Increase the Environmental Safety of Radwaste Disposal at the Vektor Storage Complex. *Systems, Decision and Control in Energy III. Studies in Systems, Decision and Control*, 399: 203–220. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87675-3_12
- Shestopalov V.M. 1999 Development of filtration and hydrochemical model. Report on scientific and research works. Agreement No. 4967–98-S016. Scientific and Research Centre (in Ukrainian).
- State Agency of Ukraine on Exclusion Zone Management. 2022. Information on publication of the draft Decree of the President of Ukraine of 11.08.2022 "On Approval of the Strategy for Overcoming the Consequences of the Chernobyl Disaster and Revival of Radioactively Contaminated Territories for 2023–2030". <https://dazv.gov.ua/ua/plugins/userPages/1017>
- Sweden's seventh national report under the Joint Convention on the safety of spent fuel management and on the safety of radioactive waste management. 2020. *Ministry of the Environment*, Stockholm, 172 p. <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/departementsserien-och-promemorior/2020/10/ds-202021/>
- The industrial complex for the management of solid radioactive waste (ICMSRW) on the territory of "Vektor" (LOT-3). 2002. Report on engineering and geological investigations. The design stage is working documentation. Project 19-88/200000-741/2-08-09/1 Kyiv Research and Design Institute "Energooproekt" (in Ukrainian).
- Wilson M.J. 2013. Rock-forming minerals. *Sheet Silicates: Clays Minerals*, London, p. 724.
- Zhang L., Lu X., Liu X., Zhou J., Zhou H. 2014. Hydration and Mobility of Interlayer Ions of (Nax, Cay)- Montmorillonite: A Molecular Dynamics Study. *The Journal of Physical Chemistry*, 118, 51: 29811–29821. <https://doi.org/10.1021/jp508427c>

<https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.288190>

УДК 556.16.047:556.168

E-mail: shevch62@gmail.com;
sasha.lobodzinsky@gmail.com;
chornomoretz_u@ukr.net;
vlkshkl@ukr.net; nasedkin12@ukr.net

*Corresponding author /
Автор для кореспонденції:
O.L. Shevchenko, shevch62@gmail.com

Received / Надійшла до редакції:
28.09.2023

Received in revised form /
Надійшла у ревізованій формі:
02.01.2024

Accepted / Прийнята:
26.01.2024

Keywords: hydrograph; groundwater;
river recharge; subsurface flow;
correction; hydrodynamic methods;
flood.

Ключові слова: гідрограф; ґрунтові
води; живлення річок; підземний стік;
гідродинамічні методи; водопілля.

Розчленування гідрографів річок з урахуванням даних гідрогеологічних спостережень

О.Л. Шевченко^{1*}, О.В. Лободзінський¹, І.Ю. Наседкін², Ю.О. Чорноморець¹, В.В. Шкляренко¹

¹Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України, Київ, Україна;

²Національний університет «Чернігівський колегіум» ім. Т.Г. Шевченка, Чернігів, Україна

Decomposition of river hydrographs taking into account data of hydrogeological observations

O.L. Shevchenko^{1*}, O.V. Lobodzinskyi¹, I.Yu. Nasedkin², Yu.O. Chornomorets¹, V.V. Shkliarenko¹

¹Ukrainian Hydrometeorological Institute of the State Emergency Service of Ukraine and NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine; ²Natsional'nyi Universytet, "Chernihiv's'kye Kolehium" im. T.H. Shevchenka, Chernihiv, Ukraine

In the case of absence of reliable information on fluctuations of levels and hydraulic parameters of aquifers within a large catchment, the method of river hydrograph decomposition can be used to assess groundwater component and other constituents of river water recharge. The difficulties and shortcomings of this method, which relies on specific schematizations and assumptions, are analysed and discussed. We propose to take into account the results of calculations of lateral groundwater inflow to the river accomplished using the numerical method based on observations at representative balance sites in order to improve the accuracy of the method of decomposition of the river hydrograph. A proper schematization should also be justified for river catchment (or its part), which describes the interaction of surface water, shallow groundwater, and artesian (deep) interlayer waters, which provides rationale for defining or neglecting groundwater inflow to river during the flood periods. The most disputable issue remains the allocation of the phase of "reverse water inflow to river banks" during flood periods. The groundwater level rise at the beginning of the flood results from the infiltration recharge to the aquifer and from inflow of water from the river. The contribution of inflow to river bank to groundwater level rise is dependent from the distance from the river to the observation well. To establish hydraulic head gradient from the river towards the adjacent groundwater aquifer at flood peak, at least two observation wells are needed, one of which should be located 3–4 m from the river water edge on the elevated part of the bank which is not flooded, and the other should be located 50–70 m from the bank towards the watershed. It is proposed that the phase of maximum groundwater inflow to the river should be adjusted based on the dates of the beginning and ending of the groundwater level decrease during the recession of the river flow during the flood period. The combined application of the described above methods showed that the use of only hydrograph decomposition method underestimates the share of groundwater recharge to the river by 2–5%. Based on the analysis of the Pivdennyi Buh River hydrographs during the 1980–2020 period, general tendencies of changes in the shallow groundwater and deep subsurface recharge of the Pivdennyi Buh River in its upper basin (upstream of the city of Khmilnyk) have been established: deep subsurface recharge prevailed over the shallow groundwater component (33.4 compared to 25.0% of the total). At the same time, the total subsurface runoff constituted on average 58%.

© Видавець Інститут геологічних наук НАН України, 2024. Стаття опублікована за умовами відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

© Publisher Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, 2024. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Ц и т у в а н н я : Шевченко О.Л., Лободзінський О.В., Наседкін І.Ю., Чорноморець Ю.О., Шкляренко В.В. Розчленування гідрографів річок з урахуванням даних гідрогеологічних спостережень. *Геологічний журнал*. 2024. № 1 (386). С. 32–46. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.288190>

С і т а і о н : Shevchenko O.L., Lobodzinskyi O.V., Nasedkin I.Yu., Chornomorets Yu.O., Shkliarenko V.V. 2024. Decomposition of river hydrographs taking into account data of hydrogeological observations. *Geologichnij žurnal*, 1 (386): 32–46. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.288190>

Вступ

В умовах потепління клімату та метеорологічної посухи на брак опадів передусім реагують відкриті водні об'єкти. За відсутності регулювання стоку стійкість річок до гідрологічної посухи визначається часткою підземного живлення в загальному стоці: чим більша така частка, тим більш рівномірними протягом маловодних періодів року будуть витрати річки. Найбільш дискусійним залишається питання розподілу складових річкового стоку у багатоводні періоди. Для виділення і кількісної оцінки цих складових застосовують методи: балансовий, гідродинамічний, гідрохімічний, з використанням природних ізотопів, моделювання та розчленування гідрографів річок. Найбільш сучасними і доскональними вважаються методи моделювання. Проте за надто розрідженої мережі моніторингових свердловин в Україні, відсутності систематичних спостережень та недоступності достовірних даних виконати оцінку частки та обсягів підземного стоку до річок сучасними методами моделювання подекуди неможливо, особливо для великих водозборів.

Різноманітні просторові математичні моделі (Thompson et al., 2004, 2023; Dai et al., 2010; Rahman et al., 2016; Chan et al., 2020) дозволяють відстежувати інтегровані гідрологічні реакції водозбірного басейну на погодно-кліматичні чинники, кількісно оцінювати витрати підземного стоку та баланс водоносного горизонту. Наприклад, фізична модель MIKESHE моделює і розраховує гідрологічний баланс водозбірного басейну. Проте в Україні ключовою проблемою є забезпечення такої та подібних їй моделей вхідними даними. Як концептуальні «зовнішні» (типу MOBIDIC, MODFLOW, SWAT), так і фізичні моделі мають невизначеності, потребують схематизації і призначення розрахункових параметрів (які не завжди можна обґрунтувати або перевірити розв'язанням обернених задач), що призводить до неточностей у результатах. Так, за даними (Bizhanimanzar et al., 2020), спрощена концептуалізація ненасиченого потоку в об'єднаній моделі MOBIDIC-MODFLOW призвела до переоцінки поповнення ґрунтових вод навесні та недооцінки влітку.

В Україні для визначення складових річкового стоку з усієї площі водозбору, за відсутності достовірної інформації про коливання рівнів підземних вод та фільтраційні параметри водоносних горизонтів, практично безальтернативним

залишається метод розчленування гідрографів річок. Проте, незважаючи на тривалу історію, щодо його застосування досі відсутні єдині вимоги або хоча б чітка диференціація підходів до розчленування гідрографів за геолого-гідрологічними умовами, характером водообміну, порядком річки тощо. Звідси, кожен з дослідників сам обирає певні передумови (тісний взаємозв'язок або однобічний приплив ґрунтових вод), що дозволяють використати одну з багатьох спрощених схем розчленування. Доволі логічним виглядає підхід до розчленування гідрографів, виходячи з типу взаємодії ґрунтових вод з річкою, що обумовлюється геологічною будовою та глибиною ерозії (Лучшева, 1976). Однак для гідрометричних створів України не виконано подібної типізації, у зв'язку із чим на практиці оперують різноманітними припущеннями.

Апріорі підземний стік до незарегульованої рівнинної річки хоча і не однаковий, проте майже повсюдний за її довжиною, а на окремих ділянках (наприклад, у витоках) також і відносно постійний, проте він не має чітко виражених ознак на гідрографах. За (Куделін, 1960; Лучшева, 1976), в трьох варіантах схем розчленування з чотирьох допускається безперервне живлення річок з перших від поверхні безнапірних горизонтів, що повністю прорізаються річкою; при цьому рівень води в річці за будь-яких умов нижчий, ніж рівень ґрунтових вод (РГВ). За більшістю ж відомих схем розчленування гідрографів річок, що мають тісний взаємозв'язок з першим від поверхні водоносним горизонтом і впливають на його режим (Snyder, 1939; Огиевский, 1952; Попов, 1968; Соколовский, 1968), вважається, що приплив ґрунтових вод повністю припиняється під час високої повені або паводку.

Натомість, застосування методів моделювання дозволило встановити участь ґрунтових вод у максимальному стоці річки. Завдяки вивченню берегового припливу ґрунтових вод до річки Upper Klamath в Орегоні (США) із високою просторово-часовою дискретністю (по свердловинах) та за допомогою об'єднаної моделі SWAT-MODFLOW вдалось встановити значну просторову варіабельність стоку, і лише в кількох місцях взаємодія ґрунтових і поверхневих вод не спостерігалась (Bailey et al., 2016). Широко відоме явище розвантаження субмаринних джерел та великих потоків підземних вод із значної глибини (40–100 м) у моря. Воно відбувається лише тому, що зона поглинання та формування

напору підземних вод розташована гіпсометрично вище, ніж рівень моря. Так само має бути й з річками, базис яких не досягає водотриву, а рівень, навіть у фазу максимального підйому, залишається нижчим за РГВ в області формування напору (на вододілах) та на більшій частині водозбору (можливо, крім заплави). Тобто, безперечно, формується підпір потоку ґрунтових вод до річки від берегів, проте, скоріш за все, залишається руслове висхідне розвантаження не лише напірних міжпластових, а й ґрунтових вод до малих річок та верхніх частин великих річок, що не прорізають місцевий водотрив. Так, для рівнинної річки в Індонезії за допомогою комбінованого моделювання SWAT-MODFLOW показано, що внесок підземних вод у місячну пікову витрату річки під час водопілля становить від 0,24 до 5,27 %, за середнього внеску за період 2015–2022 рр. (8 пікових місяців) 2,48 % (Palupi et al., 2023). Хоча насправді це не доводить, що можливі дні з відсутнім або «від'ємним» припливом.

Недоліком існуючих схем розчленування гідрографів є також подекуди необґрунтоване нехтування глибоким підземним живленням річок, спираючись лише на відомості про існування водотриву під руслом річки. Так, згідно з вже згадуваною типізацією (Лучшева, 1976), також у трьох випадках з чотирьох допускається повна відсутність глибокого напірного живлення річок.

Участь глибоких підземних вод у живленні річки відображають доволі спрощено: шляхом відсікання «підшови» гідрографа прямою горизонтальною лінією, дотичною до мінімального значення витрат водотоку за рік. При цьому глибоке підземне живлення розглядається як квазістаціонарний процес, який можливий лише за умов водного потоку, що встановився (Лободзінський, Данько, 2023). Проте глибоке підземне живлення – процес неоднорідний і нестійкий, що зумовлено особливостями вертикального водообміну між водоносними горизонтами, які мають гідравлічний зв'язок із поверхневими водами. Інтенсивність і напрямки водообміну залежать від тисків у водомістких шарах і співвідношення п'єзометричних рівнів, що змінюються у часі відповідно до змін гідродинамічних умов в основних областях живлення. То чому ж тоді порушується цей принцип під час оцінки висхідного перетікання підземних вод за значних змін рівнів поверхневих вод (за відносної сталості

п'єзометричних рівнів), які можуть призводити до інверсії напорів та зміни напрямку потоку? Враховуючи це, глибоке підземне живлення на гідрографі при його розчленуванні варто також розглядати як динамічну характеристику, що, незважаючи на певну інерційність, має власну внутрішньорічну та багаторічну мінливість.

Що стосується поняття «зворотне живлення ґрунтових вод», то воно не є характерним для рівнинних річок зони помірного клімату, де їх долини являють собою зони розвантаження підземних вод, складені «не надто проникними» піщано-глинистими відкладами. За відомих усереднених значень коефіцієнтів фільтрації алювіальних піщаних відкладів 20–30 м/добу (Отчет..., 1986; Панасюк, 2014; Стрельцов, Шевченко, 2022) можна легко встановити, що для того, щоб поверхневі води з річки поширились у водоносний горизонт на 100 м від річки за градієнта 0,02, потрібно, щоб період водопілля тривав 170–250 діб. Оскільки гідрологічні фази, що забезпечують такі достатньо високі градієнти тривають не більше двох-трьох тижнів, вочевидь, що вода з річки може поширитись в борти на відстань лише близько 10 м. Винятком є ділянки тривалих підпорів при зарегулюванні річкового стоку; річки, що живляться з постійних джерел (озер, льодовиків), іригаційні мережі, штучні антирічки (вздовж водосховищ) або гірські річки, де алювіальні відклади складені високопористими гравійно-гальковими та валунними відкладами з коефіцієнтами фільтрації понад 100 м/добу, а також річки, що протікають у тріщинуватих скельних породах та породах, які карстуються. За таких умов, дійсно, фільтраційні втрати з відкритих джерел є істотним джерелом живлення підземних вод. За інших умов доцільно казати про підпір потоку ґрунтових вод до річки або бічне регулювання припливу.

Мета роботи – розробка і тестування (на прикладі даних для р. Південний Буг) методики оцінки підземного живлення річок на основі комбінування методу розчленування гідрографа і чисельного методу, а також перевірка на цій основі положень та припущень (зокрема, стосовно припливу ґрунтових вод на час повені), що зазвичай використовуються при застосуванні методу розчленування гідрографів річок.

Для досягнення цієї мети нами спочатку розглянуто суперечності методу розчленування гідрографів, далі – можливі шляхи покращення

його точності. Запропоновано проводити зіставлення та коригування результатів розчленування гідрографів за графіками РГВ та питомого стоку ґрунтових вод до річки, отриманими за розрахунками стоку чисельним методом.

Матеріали і методи

У даному дослідженні для однакових об'єктів було застосовано два методи визначення підземного стоку: розчленування гідрографів стоку річок та гідродинамічний чисельний метод за даними спостережень за РГВ по свердловинах. Розчленування гідрографів цілком базувалося на гідрологічному підході (Гребінь, Василенко, 2010), тобто величина підземного живлення визначалась лише на підставі аналізу значень щоденних витрат води в річці, даних про дощові та снігові опади і температуру. На першому етапі розчленування визначалась частка глибокого підземного живлення шляхом проведення прямої горизонтальної лінії через точки, які відповідають мінімальному значенню витрати води за конкретний рік. При цьому її числове значення обчислювалось за площею фігури. Далі на гідрографі позначалися нижні переломні точки початку й закінчення періодів більш чи менш різкого збільшення витрат води під час паводків. За Б.В. Поляковим (1946), під час весняного водопілля ґрунтове живлення зменшується до дати піку водопілля, а потім починає збільшуватися до дати його закінчення, тому на кожному графіку відмічалися зазначені дати для визначення межі ґрунтового живлення. Через зазначені точки проведено відрізки ламаної лінії, що врешті відділила поверхневе (вище лінії) та ґрунтове живлення річки (між даною лінією та горизонтальною лінією глибокого підземного живлення). Якщо під час весняного водопілля виділялись піки, спричинені рідкими опадами, то вони також були зрізані плавними лініями, а отримані площі додавались до значення дощового живлення. Для визначення числових значень кожного окремого типу живлення використано комп'ютерне програмне забезпечення з відкритою ліцензією Graph (Graph..., 2024). На його основі здійснено розрахунки окремих площ фігур, що відповідають тим чи іншим типам живлення.

Очевидно, що більш коректним є розчленування гідрографа при врахуванні режиму як поверхневих, так і підземних вод. Для цього повинна існувати мережа спряжених гідрометричних

них постів та гідрогеологічних кущових створів не лише на ґрунті, а й на глибокі напірні води зони інтенсивного водообміну. Повинна витримуватись синхронність у спостереженнях за режимом поверхневих і підземних вод.

Щоб забезпечити коректність та обґрунтованість розчленування гідрографа, варто використовувати не лише метеорологічні показники, а й наявні дані спостережень за рівнями підземних і ґрунтових вод та розрахункові значення надходження їх до річки, отримані шляхом розв'язання скінченнорізницьових рівнянь або застосування методів гідродинамічного моделювання.

Гідродинамічний метод (Водообмен..., 1988; Шестаков, 2009) дозволяє кількісно визначити підземний приплив до річки за схемою неусталеної геофільтрації лінійного в плані однорізного потоку, проте не дає чіткого уявлення про частку підземного стоку в загальному. Тим не менш, з його допомогою можна встановити дійсні часові інтервали припливу ґрунтових вод до річки або підпору ґрунтового стоку. Витрати ґрунтового стоку на одиницю довжини берега річки визначались з добовою дискретністю за чисельним рівнянням:

$$q_t = k_t^{cep} \times h_t^{cep} \times l_t \pm \frac{(\Delta H_t \times l_t \times \mu_t)}{2}, \quad (1)$$

де q_t – витрати ґрунтового потоку на момент часу t в перерізі урізу русла, м²/добу; k_t^{cep} – середній коефіцієнт фільтрації ґрунтів, м/добу; h_t – потужність потоку ґрунтових вод як середньоарифметичне від висоти рівня води в руслі та у розрахунковій свердловині над першим від поверхні водотривом на початковий момент вимірювань, м; l_t – гідравлічний ухил (градієнт потоку); l_t – відстань від урізу води в річці до осі спостережної свердловини, м; ΔH_t – абсолютна величина позитивного або від'ємного приросту РГВ за одиницю часу, м/добу; μ_t – величина водовіддачі або браку насичення ґрунту в зоні коливання РГВ. Якщо другий член рівняння має позитивний знак, то результуюча величина витрат характеризує одиночні бокові витрати ґрунтових вод при осушенні горизонту, якщо мінус – підпір і наповнення горизонту від річки. Такий підхід до розрахунків добре кореспондується із принципами розчленування гідрографа річки: при збільшенні рівнів та витрат води в річці бічний приплив ґрунтових вод знижується і навпаки.

Поряд з бічним стоком у ході балансових розрахунків оцінювалося інфільтраційне живлення. Його значення порівнювалися з відомими з літератури зональними значеннями інфільтрації. Наприклад, для Вінницької області (верхня та середня частини басейну р. Південний Буг) величина інфільтраційного живлення, вирахована за даними багаторічних спостережень (до 1998 р.), за балансом хлор-іона становить 30–50 мм/рік (Ситников, 2010). За нашими остаточними розрахунками для верхньої частини цього басейну середнє інфільтраційне живлення на ділянках із середньобагаторічним РГВ 3,6 м склало 21 мм/рік (за 1980–1998 рр.), що можна вважати прийнятним. Отже, параметри k_t^{cep} та μ_t в ході розрахунку ітераційним чином уточнювали, поки середні багаторічні значення інфільтрації не стали відповідати таким для даного району. Для малих річок, таких як Згар і Соб, верифікація розрахованих значень підземного припливу та використаних для цього параметрів була виконана також шляхом зіставлення із значеннями частки підземного стоку до річки, отриманими з розчленування її гідрографа за окремий рік. Також для уточнення значень коефіцієнта фільтрації та водовіддачі порівнювалися розраховані значення припливу ґрунтових вод до річки та відомі значення річкового стоку в періоди літньої межени за відсутності атмосферних опадів. Оскільки головною метою розрахунків ґрунтового стоку було отримання не так точних його значень, як щодобової динаміки з коливаннями припливу та інтервалами підпору, то описаний вище метод оцінки фільтраційних параметрів можна вважати цілком прийнятним.

Виконавши розрахунки за рівнянням (1) для всіх характерних фаз рівневого режиму, можна побудувати гідрограф ґрунтового стоку на одиницю довжини берега річки. Для всієї довжини водотоку величина сумарних витрат ґрунтового стоку вираховується за формулою:

$$Q_t = \sum_{i=1}^{i=n} q_{t,i} L_i, \quad (2)$$

$q_{t,i}$ – одиничні витрати по окремих пунктах, що поширюються на аналогічні за гідрогеологічними умовами ділянки прибережної зони довжиною L_i .

Саме це значення (Q_t) можна порівнювати із точковими (добовими) значеннями виділеної на гідрографі складової стоку ґрунтових вод

та сумарним річним стоком. За наявності лише одного розрахункового створу значення стоку ґрунтових вод, визначені обома методами, будуть порівнянні, якщо водозбір річки невеликий і вздовж всієї довжини річки витримуються однорідні геофільтраційні та гідродинамічні умови. Якщо ж умови вздовж потоку неоднорідні, то прилеглу площу водозбору розбивають на однорідні відрізки, для кожного з яких обладнують створ з водомірної рейки та свердловин з обох боків водотоку. Це забезпечило високу точність результатів у роботі (Bailey et al., 2016). Варто враховувати також, що розрахунки по створах свердловин, розміщених надто близько до рівнинної річки (до 40 м), будуть давати занижені значення внаслідок частих підпорів РГВ, а розрахунки по дуже віддалених свердловинах (понад 150 м) можуть демонструвати завищені результати у зв'язку із постійним перевищенням РГВ над рівнем річки.

Для встановлення наближених обсягів напірного підземного живлення річки можна скористатись формулою С.Ф. Авер'янова, для застосування якої необхідно знати абсолютні відмітки рівнів ґрунтових та напірних вод:

$$Q_{висх} = \frac{\pi \times K_\phi (H' - H_p)}{\ln \frac{16z}{\pi (B + \Delta h)}}, \quad (3)$$

де $Q_{висх}$ – висхідний приплив напірних вод у річку на одиницю її довжини; K_ϕ – коефіцієнт фільтрації водотривкого шару, через який йде перетікання напірних вод у русло річки; z – товщина цього шару; B – ширина річки по урізу води; H' та H_p – п'єзометричний рівень та рівень води в річці в абсолютних значеннях; Δh – середнє перевищення РГВ у свердловині над рівнем води в річці.

Експериментальна ділянка

Для апробації запропонованого підходу було виконано розрахунки питомого припливу ґрунтових вод до р. Південний Буг у районі м. Хмільник (рис. 1) гідродинамічним методом та виділено складові загального стоку річки методом розчленування гідрографа стоку за даними по найближчому гідропосту «Лелітка». Балансова ділянка розташована в межах західної частини Українського масиву тріщинних вод. Схематизований розріз наведено на рис. 2, а повний гідрогеологічний розріз – у попередній роботі (Шевченко та ін., 2021).



Рис. 1. Регіональна схема басейну р. Південний Буг (а) та локальна схема розташування спостережних свердловин на першій від поверхні водоносний горизонт (св. 5-3 і 5-5) та водоносний горизонт у тріщинуватих кристалічних породах (св. 5-2) на території експериментального створу в м. Хмельник (б)

Fig. 1. Regional scheme of the Pivdennyi Buh River basin (a) and layout of observation wells on the first aquifer (well 5-3 and 5-5) and an aquifer in fractured crystalline rocks (well 5-2) at the experimental site in Khmilnyk city (b)

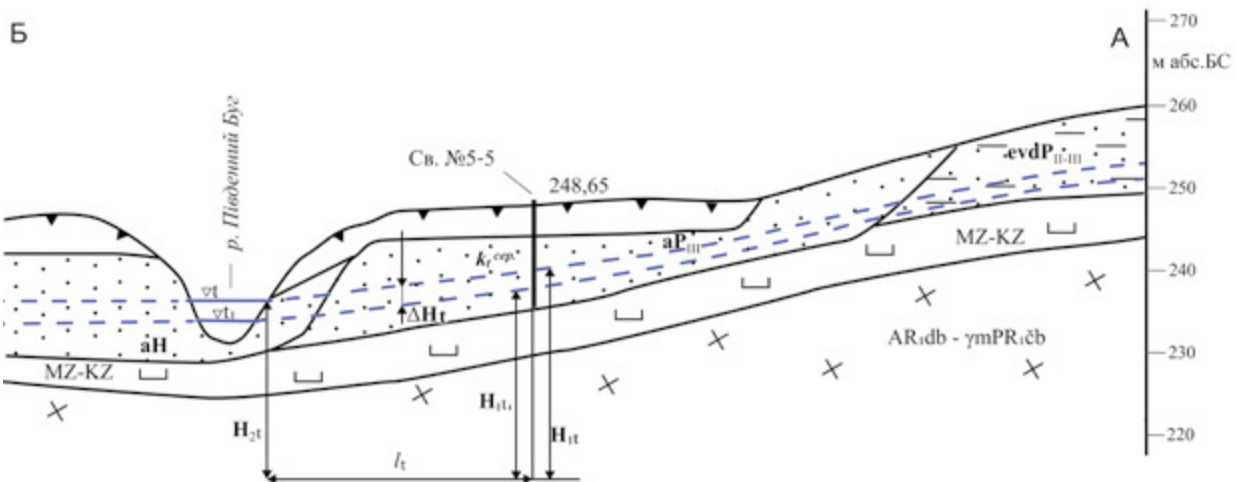


Рис. 2. Схематизований гідрогеологічний розріз по лінії А-Б (див. рис. 1) розміщення св. 5-5 на території м. Хмельник, на лівобережній частині водозбору р. Південний Буг

Fig. 2. Schematic hydrogeological cross-section of the well 5-5 location along the A-B (see Fig. 1) line in Khmilnyk, on the left bank of the Pivdennyi Buh River

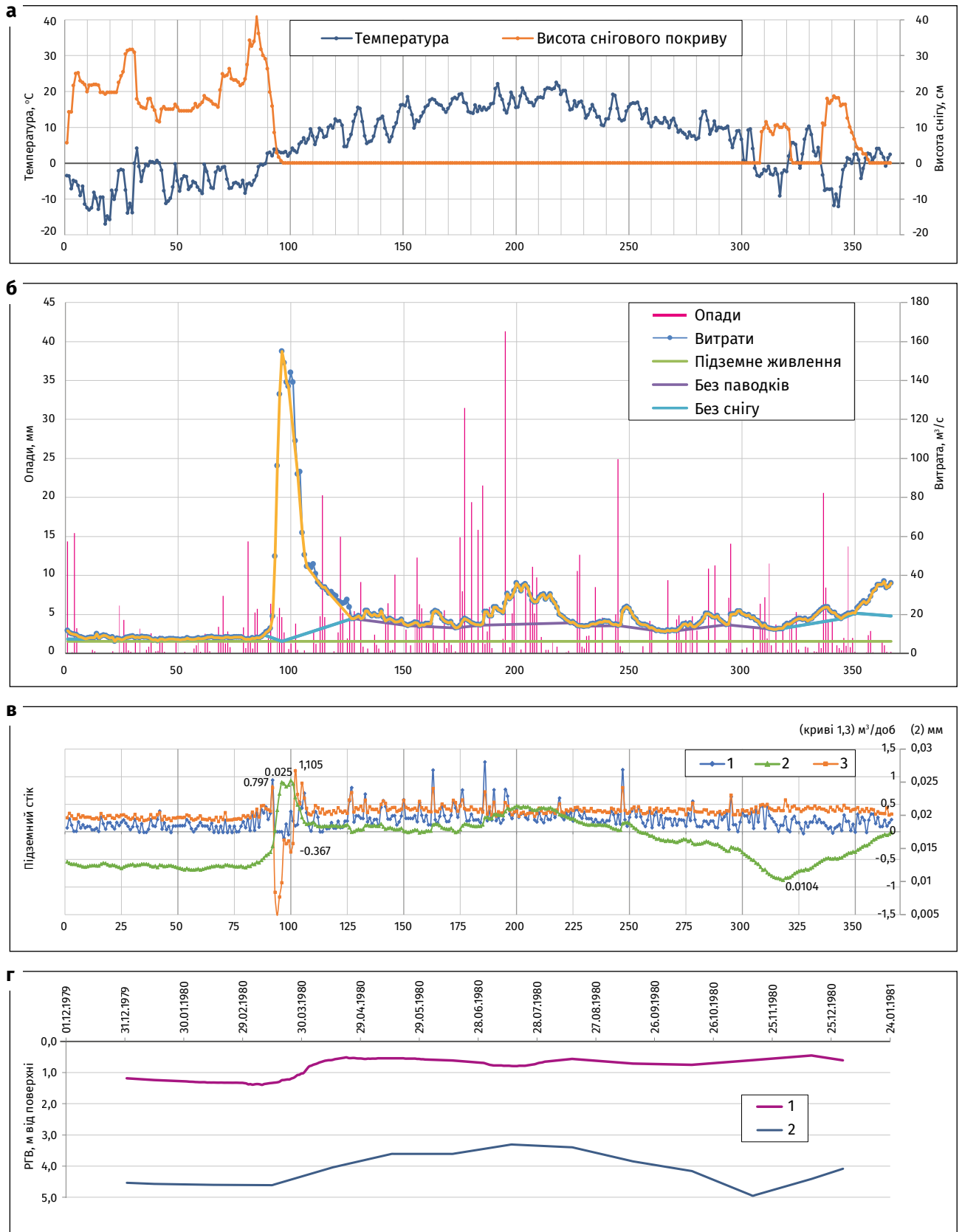


Рис. 3. Розчленування гідрографа р. Південний Буг за 1980 р. (гідропост «Лелітка») та кількість атмосферних опадів (б) поряд з хронологічними графіками: а – температури приземного повітря та висоти снігового покриву; в – питомого підземного стоку в створі м. Хмільник: 1 – в 68 м від річки (по св. 5-5), м³/добу/м пог; 2 – в 96 м від річки (між св. 5-5 і віртуальною свердловиною за умови синхронності змін РГВ), мм; 3 – 42 м від річки (св. 5-3), м³/добу/м пог; 2 – коливання РГВ у свердловинах: 1 – св. 5-3, 2 – св. 5-5

Fig. 3. Separation of the hydrograph of the Pivdennyi Buh River in 1980 based on the data of discharge measurements at the hydrological gauge «Lelitka» in comparison with the amount of precipitation (б), as well as time series: а – dynamics of surface air temperature and snow cover height; в – specific underground runoff in the Khmilnyk section: 1 – 68 m from the river (along well 5-5), m³/day/m; 2 – 96 m from the river (between well 5-5 and the virtual well, provided that the changes in the hydraulic conductivity are synchronized), mm; 3 – 42 m from the river (borehole well 5-3), m³/day/m; 2 – fluctuations in groundwater levels in wells: 1 – well 5-3, 2 – well 5-5

Абсолютні відмітки РГВ визначались за даними спостережень по свердловинах державної моніторингової мережі, наданими ДНВП «Геоінформ України», регіональними гідрогеологічними партіями та спеціалізованими підприємствами. Геологічні розрізи також встановлено за описами спостережних свердловин та даними звітів з геолого-економічної оцінки. Дані про рівні води в річках отримано в ЦГО ім. Б.І. Срезневського. За фактичного неспівпадіння гідрометричного та гідрогеологічного створів перший «переносився» з поправкою відповідно до градієнта потоку річки.

За формулою (1) було визначено приплив підземних вод до р. Південний Буг (Шевченко та ін., 2021), що відображений лініями 1 і 3 на рис. 3, в.

Для уточнення динаміки припливу ґрунтових вод до річки впродовж року рекомендується аналізувати не лише характер опадів і температури, а й порівнювати зміни РГВ на різній віддалі від річки та значення підземного стоку, визначені чисельними методами (див. рис. 3). На рис. 3, б наведено результати розчленування гідрографа р. Південний Буг за 1980 р. традиційним методом – з урахуванням характеру опадів, температури повітря, дати її переходу до стійких позитивних значень, опадів теплого періоду тощо. Видно, що за менших градієнтів, але вищих РГВ на спаді весняного водопілля приплив ґрунтових вод до річки більший, ніж влітку. Проте, по-перше, піки весняних витрат нетривали; по-друге, на весну припадає також фаза підпору РГВ, коли приплив ґрунтових вод до річки зупиняється. Внаслідок цього максимальне сезонне живлення річок найчастіше припадає на літо (рис. 4). За розрахунками стоку ґрунтових вод гідродинамічним методом з'ясовано, що у 1980 р. переважав весняний сумарний стік (див. рис. 4), у зв'язку з чим варто внести певні корективи при виділенні лінії, що відділяє витрати ґрунтових вод на рис. 3, б. У випадку із 1980 р. графіки витрат річкового стоку та підземного стоку (див. рис. 3, в, лінія 2) досить схожі, крім хіба що замикаючого періоду після 260 доби. До початку водопілля (91 доба) на всіх графіках (див. рис. 3, б, в) стік ґрунтових вод відносно рівномірний та стабільний. Витрати ґрунтових вод реагують на перехід температур до позитивних (90 доба) вже на другу добу (92 доба), в інші роки – здебільшого на 4–5 добу. Проте після цього у зв'язку з підпором від річки ґрунтовий стік до неї припиняється на відстань

до 40–45 м, хоча продовжується на більшій відстані (див. рис. 3, в, лінія 2). За цим графіком підземний стік на віддалі 96 м від річки поступово зростає з 90 до 101 доби; при цьому максимум витрат та рівнів у річці припадає на 96 добу, після чого вони доволі різко зменшуються. На 102 добу «включається» підземний стік до річки на відстані 42 м від неї, швидко досягаючи максимуму. Тобто період підпору та від'ємного живлення ґрунтових вод був коротким – до 8 діб (93–101 доба). На відстані близько 80 м від річки РГВ стає вищим за рівень в річці більш ніж на 1 м. За швидкого зниження рівня води в річці градієнт стрімко зростає від від'ємного на 10.04.1980 р. (101 доба) до +0,019 на 30.04.1980 р., набуваючи позитивних значень з 11 квітня, коли підземний стік був максимальним (див. рис. 3, в, лінія 3). Отже, в ситуації, коли пік поєнє є нетривалим, як у 1980 р., відразу після падіння рівня води в річці швидко спрацьовується прибережний купол підпору ґрунтових вод, заповнений значною мірою річковою водою. За відсутності дощів рівень в річці продовжує спадати і стік ґрунтових вод після спрацювання прибережного купола не припиняється. Саме період від початку до припинення зниження РГВ відповідатиме максимальному за рік припливу ґрунтових вод до річки. Перенесення точки перетину лінії 3 з гідрографом річки з 127 доби (за класичним підходом) на більш ранній термін (107 доба), коли РГВ встановився вище за рівень в річці, узгоджує співвідношення весняного стоку до літнього із даними, представленими на рис. 4.

Натомість, 1982, 1988, 1997 та деякі інші роки відзначались більш тривалим весняним водопіллям та високими літніми паводками, що дає підстави для збільшення на гідрографах частки літнього ґрунтового стоку з приведенням їх у відповідність до результатів, зображених на рис. 4. У 1989, 1998 та 2011 рр. піки зимових паводків на р. Південний Буг були навіть вищими за весняні, проте це істотно не вплинуло на сезонний розподіл підземного стоку (див. рис. 4). За цих обставин особливо важливе порівняння РГВ та рівня води в річці, оскільки надходження ґрунтових вод за умов тривалого водопілля може бути переривчастим і на гідрографі слід виділяти дві або більше (залежить від дощових опадів) «нульових» фаз для припливу ґрунтових вод. В той час, як на заплаві спостерігається підпір РГВ та підтоплення, на більшій частині

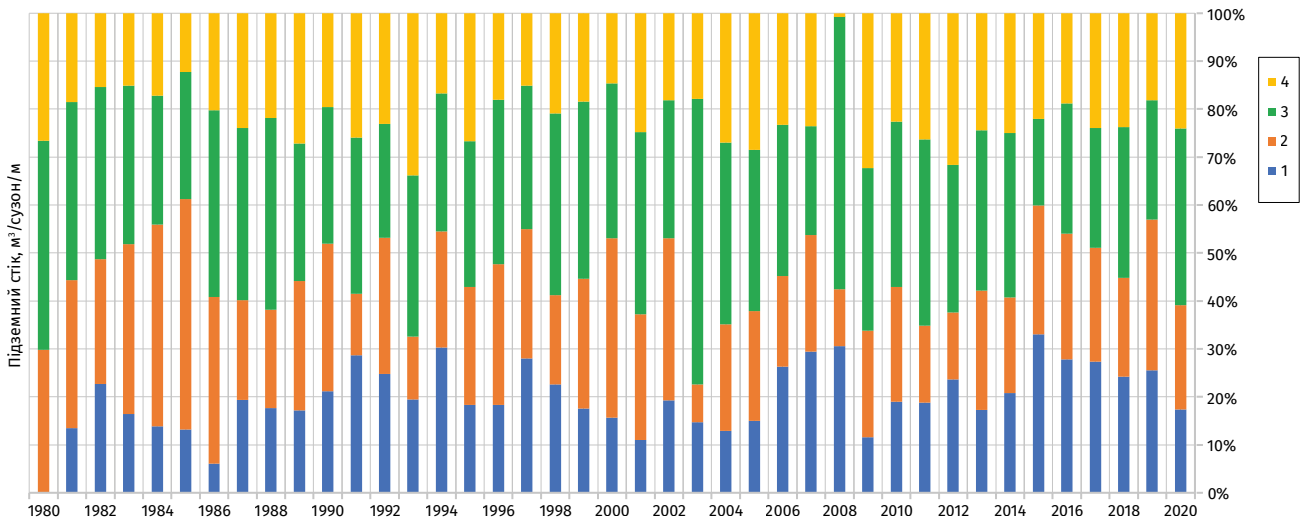


Рис. 4. Сезонний розподіл питомого стоку ґрунтових вод з лівобережної частини водозбору р. Південний Буг (м. Хмільник Вінницької області) за: 1 – зиму; 2 – весну; 3 – літо; 4 – осінь

Fig. 4. Seasonal distribution of specific groundwater runoff from the left-bank part of the Pivdennyi Buh River watershed (Khmilnyk city, Vinnytsia region) for: 1 – the winter period; 2 – spring; 3 – summer; 4 – autumn

водозбору РГВ істотно вищі, ніж у річці внаслідок зростання інфільтраційного живлення талими водами. Тому перетікання ґрунтових вод до напірних через гідравлічні вікна у місцевих водотривах та можливі «аномальні зони посиленої міграції» (Шестоपालов та ін., 2007) може зрости, і висхідне розвантаження напірних вод (глибоке живлення) через русло річки не лише не припинятиметься, а й зростатиме. Подібний сценарій реалізувався на багатьох річках весною 2023 р., коли внаслідок рясних дощів у квітні спостерігались значні за площею підпори РГВ і підтоплення.

Дуже схожим на гідрограф 1980 р. був гідрограф р. Південний Буг за 2006 р. (рис. 5), проте значно більша кількість літніх опадів внесла істотні відмінності в сезонний розподіл обсягів припливу ґрунтових вод до річки.

З графіків на рис. 3, в видно, що під час водопілля зворотне живлення проявляється лише в зоні до 40–45 м від річки. На відстані 68 м відтік приблизно дорівнює припливу, а далі, ближче до вододілу питомі витрати ґрунтових вод добре корелюють із розвитком водопілля на річці та підйомом РГВ на водозборі. Проте при розчленуванні гідрографа бічний стік із

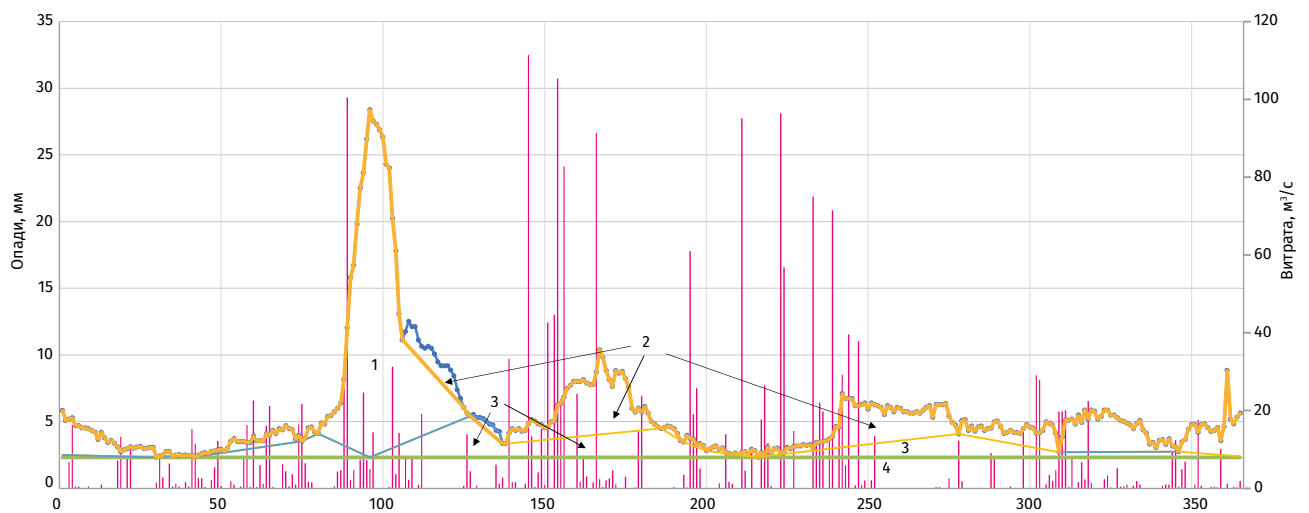


Рис. 5. Гідрограф стоку р. Південний Буг за 2006 р. з виділенням часток: 1 – снігового живлення; 2 – дощового живлення; 3 – неглибокого ґрунтового живлення; 4 – глибокого підземного живлення

Fig. 5. Hydrograph of the Pivdennyi Buh River runoff in 2006 with the allocation of components: 1 – snow recharge; 2 – rainfall recharge; 3 – shallow groundwater recharge; 4 – deep subsurface recharge

значно більшої ніж заплава частини водозбору не враховується лише тому, що на заплаві існує підпір РГВ. Тоді ці витрати повинні перейти на літній період, на який здебільшого припадає найбільша різниця рівнів (на р. Південний Буг, у 136 м від берега влітку $\Delta H_{\text{літні}} = 0,87$ м, за інший час 0,025 м) і максимальні градієнти потоку ґрунтових вод до річки, що узгоджується із гідродинамічними розрахунками (див. рис. 4). Але на гідрографі таке зростання витрат влітку часто не відображають.

Таким чином, головним критерієм виділення фази наростання ґрунтового стоку до річки повинен бути не початок зниження витрат річки (за традиційним підходом до розчленування гідрографа), а початок зниження рівня ґрунтових вод на фоні нижчого рівня води в річці – через

деякий час після проходження піку повені. Для виділення цієї фази на гідрографі необхідно порівнювати графіки РГВ на віддалі близько 15 м від річки з графіками рівнів у річці та витрат річки.

Важливим у процедурі уточнення результатів розчленування гідрографа річки є також порівняння динаміки РГВ та підземного стоку до річки (рис. 6). Встановлення емпіричної залежності стоку від РГВ, значення якого отримуємо в результаті прямих спостережень, дозволяє прогнозувати або відтворювати значення підземного стоку та коригувати напрямок стоку ґрунтових вод на гідрографі. Наприклад, для балансової ділянки в районі м. Хмельник характерна добре виражена пряма залежність шару стоку ґрунтових вод (мм) від РГВ, що є цілком

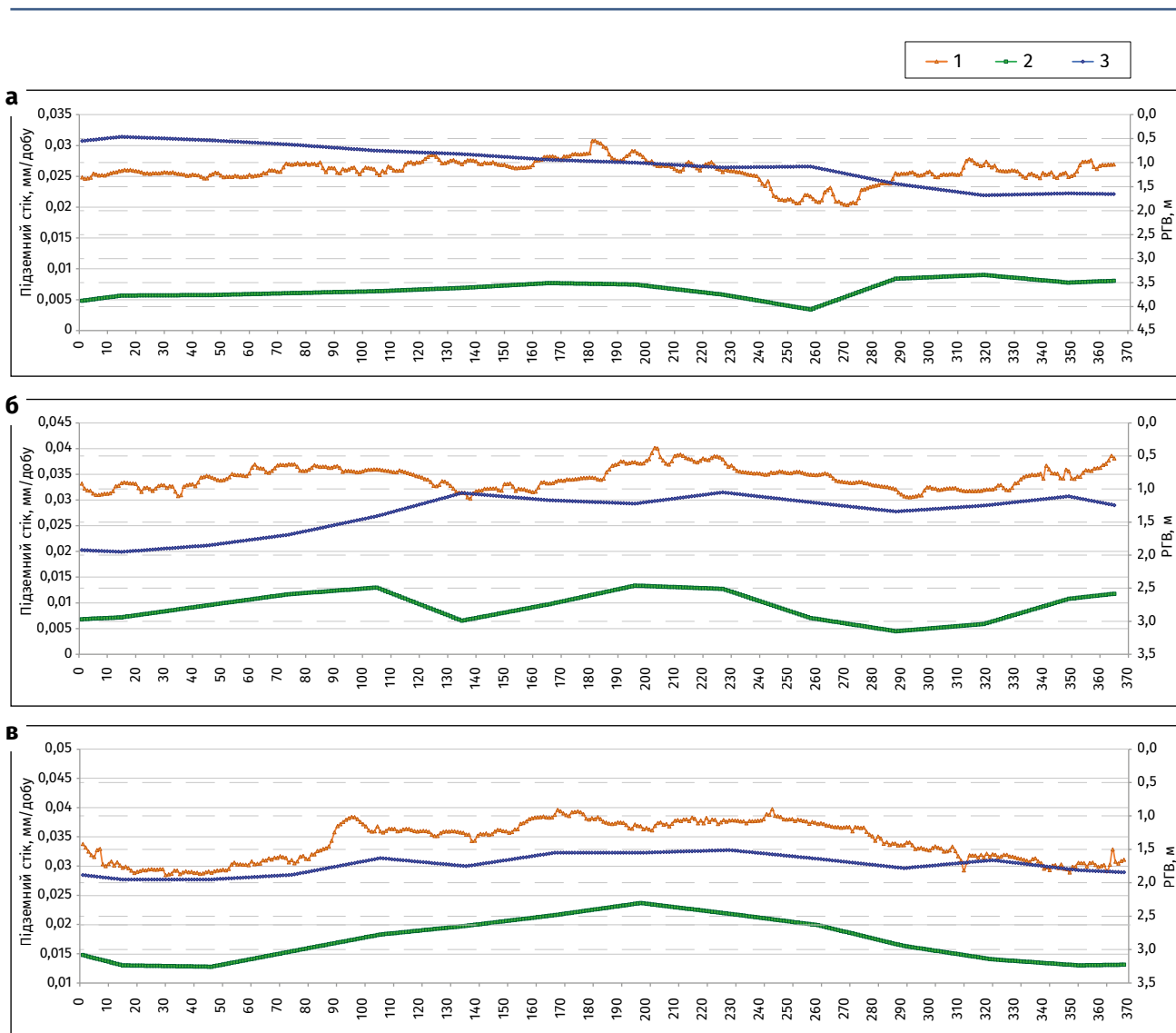


Рис. 6. Щодобові зміни стоку ґрунтових вод до р. Південний Буг (1) та їх рівня від поверхні (2, 3) в створі м. Хмельник на відстані: 1 – 96 м від річки, мм; 2 – 136 м від річки; 3 – 84 м від річки; а – за 1989 р., б – за 1997 р., в – за 2006 р.

Fig. 6. Daily changes in groundwater flow to the Pivdennyi Buh River (1) and its level from the surface (2, 3) in the Khmilnyk city at a distance: 1 – 96 m from the river, mm; 2 – 136 m from the river; 3 – 84 m from the river; а – for 1989, б – for 1997, в – for 2006

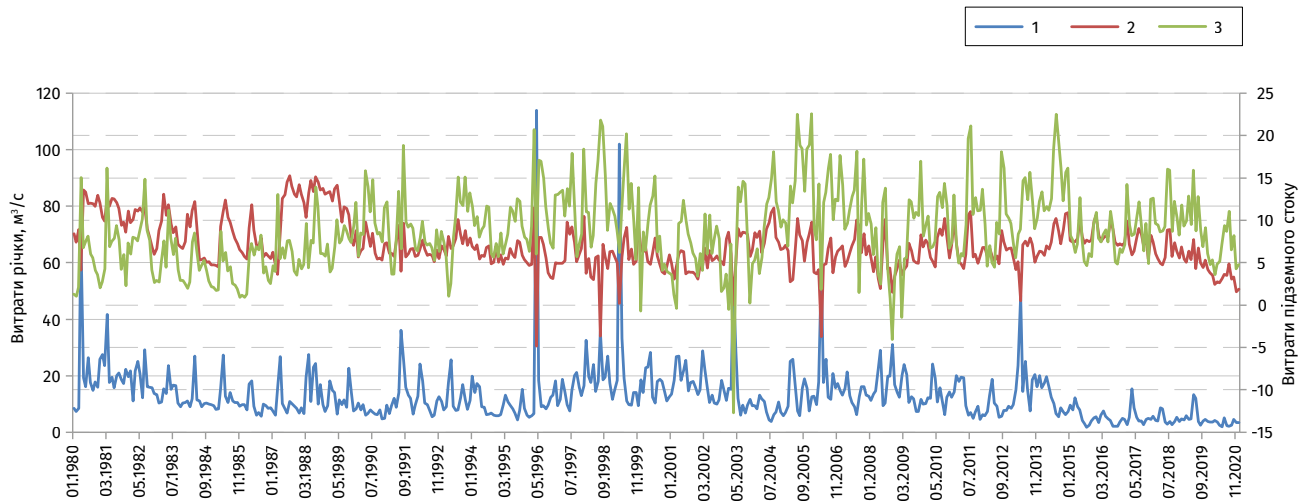


Рис. 7. Порівняння динаміки середньомісячних витрат стоку р. Південний Буг в створі «Лелітка» (m^3/c) (1) та питомого сумарного місячного стоку ґрунтових вод на заплавної острівній ділянці (2) (42 м від річки) і лівобережній підвищеній ділянці (3) (68 м від річки), $\text{m}^3/\text{місяць}/\text{м}$, за 1980–2020 рр.

Fig. 7. Comparison of the dynamics of the average monthly discharge of the Pivdennyi Buh River in the hydrological gauge “Lelitka” (m^3/s) (1) and the specific total monthly groundwater discharge in the flood plain island area (2) (42 m from the river) and the left-bank area (3) (68 m from the river), $\text{m}^3/\text{month}/\text{m}$, for 1980–2020

логічним, оскільки: за середніх багаторічних значень РГВ близько 3,5 м вплив випаровування незначний і розвантаження ґрунтових вод відбувається головним чином внаслідок бічного відтоку; в рівняннях латеральної фільтрації витрати напряму залежать від висоти напору та градієнта.

Добре збігаються максимуми стоку ґрунтових вод до річки, виділені обома порівнюваними методами. Так, згідно з розчленуванням гідрографа р. Південний Буг за 1980 р., максимуми стоку припадають на 6 і 7 травня, а за гідродинамічними розрахунками – на 6 травня; так само у липні відповідно до гідрографа – на 186 і 187 доби, за розрахунками – на 4 червня, або 186 добу. Також у більшості випадків синхронізуються максимуми витрат річкового стоку із мінімумами витрат потоку ґрунтових вод до річки – насамперед для неглибоких ґрунтових вод поблизу річки (рис. 7).

Враховуючи, що водність кожного конкретного дня, місяця і року визначається умовами формування стоку попереднього дня, місяця і року, а також, в свою чергу, визначає водність наступного дня, місяця або року, при визначенні частки глибокого підземного живлення на гідрографі варто враховувати не лише мінімальну витрату води кожного конкретного року, а і попереднього та за можливості наступного (Лободзінський, Данько, 2023). Для більш точного визначення величини глибокого підземного живлення на конкретний термін запропоновано інтерполювати дані між мінімальними значен-

нями витрат сусідніх років за весь досліджуваний період. Завдяки цій процедурі отримуємо не горизонтальну лінію, а більш опуклу, тобто частка глибокого підземного стоку в даному випадку дещо збільшується.

З досвіду виконаної роботи ми дійшли висновку, що доцільними допоміжними процедурами для підвищення точності методу розчленування гідрографа можуть бути:

- а)** встановлення наявності гідравлічного зв'язку між водоносним горизонтом та річкою шляхом визначення коефіцієнтів кореляції та зіставлення хронологічних графіків змін рівнів та витрат води в річці із рівнями ґрунтових вод на водозборі, визначення глибини залягання водотривкого ложа водоносного горизонту поблизу урізу води в річці;
- б)** порівняння хронологічних графіків (у межах року) змін абсолютних відміток рівнів поверхневих, ґрунтових та напірних міжпластових вод для гідравлічно пов'язаних пунктів спостереження (річкових гідрометричних створів та куців свердловин) – для виділення періодів *однонаправленого водообміну*;
- в)** визначення одного або кількох значень витрат річки, що повністю забезпечуються підземним стоком (для верхньої частини річки без бічних припливів визначається комплексуванням гідрометричного та гідродинамічного методів), припускаючи, що мінімальний річковий стік під час літньої межени повністю забезпечується підземним стоком;

- г) встановлення залежності витрат підземних вод від їх рівня для межених періодів, що дозволяє пропорційно екстраполювати отримані значення витрат на інші періоди з подібними градієнтами потоку (крім періодів, коли рівень ґрунтових та міжпластових вод нижчий за рівень поверхневих вод);
- д) порівняння динаміки атмосферних опадів, особливо у теплий період року, з хронологічним графіком витрат води в річці (гідрографом) – для малих водотоків та водозборів, згідно з О.І. Крестовським (1960), величину підземного стоку можна приймати рівною добовим витратам у замикаючому створі водотоку у весняні та осінні періоди через 2–5 діб після випадіння опадів;
- е) встановлення емпіричної залежності між градієнтом та величиною ґрунтового живлення річки. Виділений на гідрографі підземний стік може мати похибки, пов'язані із неврахуванням градієнта бічного потоку до річки. Емпірична залежність між градієнтом та величиною ґрунтового живлення річки може виявитись більш

репрезентативною, ніж залежність між РГВ та витратами річки. Попередню таку залежність варто відкалібрувати для окремих спряжених створів, що простягаються від вододілу до річки. Підкреслимо також, що результати, отримані кожним із порівнюваних методів, можуть мати розбіжності. Це пояснюється значними відмінностями за масштабами застосування методів та, власне, об'єктами оцінювання. Тобто, приплив ґрунтових вод до річки:

- визначений за допомогою методу розчленування гідрографа, характеризує результуючу гідрологічну ситуацію для всього водозбору, що поставляє поверхневі та підземні води до створу, в якому вимірюються витрати;
- визначений за допомогою гідродинамічного методу, дозволяє виявити закономірності в динаміці стоку ґрунтових вод, що характеризують певний тип режиму (вододільний, на схилах, терасовий, прирічковий тощо) і з певними припущеннями можуть бути поширені на ділянки з аналогічним режимом та гідрогеологічними умовами.

Таблиця. Зіставлення значень складових живлення та загального стоку, отриманих за результатами розчленування гідрографа та з урахуванням гідродинамічних розрахунків

Table. Comparison of the recharge components values and total flow, obtained by the results of hydrograph separation and taking in to account hydrodynamic calculations

Метод	Снігове живлення		Дощове живлення		Ґрунтовий стік		Глибоке підземне живлення	
	1980	2006	1980	2006	1980	2006	1980	2006
Розчленування гідрографа	26,7	27,0	11,9	16,5	31,4	15,6	30,0	40,9
Розчленування гідрографа + чисельний метод	24,8	25,1	11,4	14,3	33,8	20,0	30,0	40,6

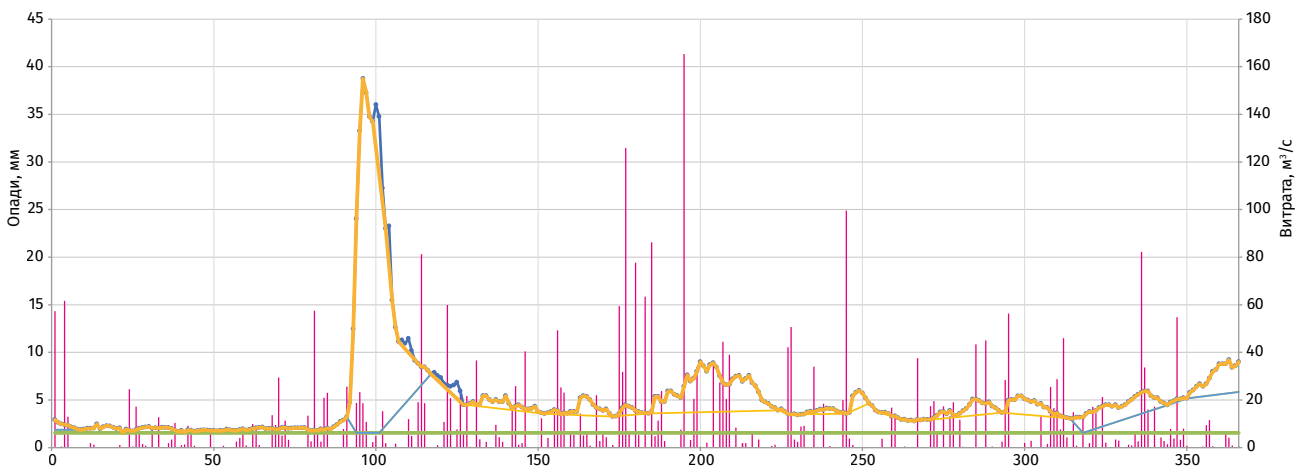


Рис. 8. Гідрограф р. Південний Буг за 1980 р., розчленований з урахуванням результатів розрахунків питомого ґрунтового стоку до річки чисельним методом. Умовні позначення ті ж самі, що на рис. 5

Fig. 8. Hydrograph of the Pivdennyi Buh River for 1980, corrected by calculations of specific runoff to the river using the numerical method. The symbol sare the ameas in Fig. 5

На підставі зіставлення результатів визначення ґрунтового стоку двома методами отримано кориговані варіанти гідрографів р. Південний Буг за 1980 (рис. 8) та інші роки і з дещо більшою часткою ґрунтового стоку (за рахунок фази спаду весняної повені та грудня), ніж за методом розчленування гідрографа (див. таблицю; рис. 3, б).

Дещо несподівано виглядає зникнення ґрунтового стоку до річки восени 1980 р. на 317–320 добу (див. рис. 8), що не кореспондується із хоча й невеликими, проте частими опадами. Таке явище можна пояснити підпором від водосховища, гребля якого розташована на відстані 10,62 км нижче за течією (Shevchenko et al., 2022). Схожі події відбувались в такий самий час і у 2006 та 2008 рр. (див. рис. 4), коли на фоні осіннього підвищення РГВ у свердловині, розташованій ближче до річки (св. 5-3), на гідрографі виділялась фаза дуже низького живлення річки ґрунтовими водами.

Отримані обома методами результати підтверджують встановлені раніше тенденції до істотного зменшення абсолютних значень стоку ґрунтових вод до р. Південний Буг під впливом змін клімату (Шевченко та ін., 2021). З 2011 по 2020 р. ґрунтовий стік до річки зменшився більш ніж на 65%! Так само істотно скоротився майже на 70% середній за 2015–2020 рр. глибокий напірний приплив порівняно із періодом 1980–2011 рр. Таких результатів не вдавалось отримати при застосуванні лише гідродинамічного методу. Ці результати добре узгоджуються із розрахунковими даними по інших річках України (Зузук та ін., 2019; Lobodzinskyi, Danko, 2022; Лободзінський, Данько, 2023). Встановлені тенденції свідчать про значне спрацювання запасів ґрунтових вод в умовах їх недостатнього живлення. Негативні наслідки для перших від поверхні водоносних горизонтів мала і бездошова тепла осінь 2023 р., що підтверджується супутниковими даними GRACE-FONASA.

Висновки

Метод розчленування гідрографів в умовах деградації державної гідрогеологічної моніторингової мережі залишається єдиним на території України методом, що дозволяє виокремлювати види поверхневого та підземного живлення річок на рівні великих басейнів.

З виконаного аналізу випливає, що за методом розчленування гідрографів ґрунтове живлення річок здебільшого применшується,

а глибоке підземне живлення або виділяється занадто схематично, або може бути не враховане, або, навпаки, завищене. Найбільше складнощів при реалізації методу розчленування гідрографів річок викликає виділення ґрунтового стоку під час багатоводних періодів. Фазу максимального стоку ґрунтових вод до річки варто коригувати за датами початку зниження РГВ після тимчасового підпору від річки та його закінчення на відстані близько 15 м від річки.

Гідродинамічний чисельний метод, що використовує дані спостережень за РГВ у свердловинах, дозволяє отримати достатньо точні значення обсягів підземного припливу на окремих ділянках, за окремі сезони, що є цінним матеріалом для коригування результатів розчленування гідрографів. Застосування гідродинамічного методу буде найбільш коректним, якщо спостереження проводяться на щонайменше двох (за однорідних геологічних умов та симетричної долини) свердловинах, одна з яких розміщується до 15 м від урізу води на підвищеній частині берега, що не затоплюється, а друга – на відстані 50–60 м від неї в бік вододілу.

Виконані нами коригування дозволили уточнити частку ґрунтового живлення р. Південний Буг у верхній її частині (пост «Лелітка»), а саме його збільшення на 2–5%, порівняно із результатами розчленування гідрографів (за рахунок зменшення снігового і дощового живлення), за час спаду весняної повені та в грудні.

За результатами розчленування гідрографів р. Південний Буг за період 1980–2020 рр. глибоке підземне живлення перевищувало ґрунтове, відповідно 33,4 проти 25,0% від загального. При цьому сумарний підземний стік витримувався в середньому на рівні 58%; мінімальне відносне значення 52,5% отримано для 2019 р., максимальне 65,1% – для 2020 р.

Подальший розвиток досліджень за даним напрямком повинен бути спрямований на побудову гідрогеологічних розрізів через усі діючі гідрометричні створи України – для визначення типів взаємодії ґрунтових та поверхневих вод і впровадження відповідних підходів до розчленування гідрографів.

Для оцінки підземної та інших складових живлення річок, за відсутності достовірної інформації про коливання рівнів та фільтраційні параметри водоносних горизонтів на великому водозборі, використовують метод розчленування гідрографа річки. В статті проаналізовано суперечності та недоліки цього методу, який спирається на певні схеми та припущення. Для підвищення його точності ми пропонуємо враховувати результати розрахунків бічного припливу ґрунтових вод до річки, виконані чисельним методом за даними спостережень за рівнем ґрунтових вод на репрезентативних балансових ділянках. Слід також обґрунтувати найбільш поширену для водозбору (або його частини) схему взаємодії поверхневих, ґрунтових і напірних міжпластових вод, яка дає підстави для виділення ґрунтового стоку або нехтування ним на час повені. Найбільш дискусійним залишається питання щодо виділення фази «зворотного живлення» ґрунтових вод під час водопілля. Підйом рівня ґрунтових вод на початку водопілля варто розглядати як функцію інфільтраційного живлення та підпору від річки. Внесок підпору регулюється відстанню від річки до спостережної свердловини. Для підтвердження підпору ґрунтових вод на піку повені слід мати щонайменше дві свердловини, одна з яких розміщується в 3–4 м від урізу води на підвищеній частині берега, що не затоплюється, а друга – на відстані 50–70 м від неї в бік вододілу. На спаді повені, з початком зниження рівня води в річці, насамперед спрацьовується купол підпору ґрунтових вод. Фаза наростаючого припливу ґрунтових вод до річки, яка виділяється на гідрографі на етапі зменшення повеневих витрат, пропонується коригувати за датами початку та закінчення зниження рівня ґрунтових вод. Комплексування методів показало, що застосування лише методу розчленування гідрографа занижує частку живлення річки ґрунтовими водами на 2–5 %. За результатами вибіркового розчленування гідрографів р. Південний Буг за 1980–2020 рр. встановлено загальні тенденції змін ґрунтового та глибокого підземного живлення у верхній частині водозбору річки (до створу м. Хмільник): глибоке підземне живлення переважало над ґрунтовым (33,4 проти 25,0 % від загального). При цьому сумарний підземний стік витримувався в середньому на рівні 58 %.

Список літератури

- Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Методы изучения водообмена: Шестопалов В.М. (отв. ред.). Киев: Наукова думка, 1988. 272 с.
- Геолого-економічна оцінка запасів підземних вод по ділянці Скіфська Немирівського родовища для господарсько-питних та технологічних потреб ТОВ «ЛВН ЛІМІТЕД», ділянка надр, де розташовані свердловини №№ 1/12; 2; 3; 5/2069; 6/2040; 8/2039: Терентієв О.Ю. (відп. вик.). Київ: ВК «Геолог», 2018. Кн. 1. 197 с.
- Гребінь В.В., Василенко Є.В. Методичні аспекти виділення підземної складової у живленні річок. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2010. № 4 (21). С. 8–15.
- Зузок Ф.В., Кутувий С.С., Грицюк Ю.В. Роль різних видів живлення річок Волинської області у формуванні їх водних ресурсів. Луцьк: Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2019. 109 с.
- Куделин Б.И. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод. Москва: Изд-во МГУ, 1960. 344 с.
- Лободзінський О.В., Данько К.Ю. Визначення та оцінка змін типів живлення річок басейну р. Горинь. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2023. № 2 (68). С. 32–42.
- Лучшева А.А. Практическая гидрология. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1976. 438 с.
- Огиевський А.В. Гидрология суши (общая и инженерная): учебник. Москва: Гос. изд-во с.-х. лит., 1952. 515 с.
- Отчет о детальной разведке подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Припять Киевской области УССР за 1984–1986 гг. (участки Беневский, Усовский) (с подсчетом эксплуатационных запасов по состоянию на 01.01.1986 г.). Правобережная геологоразведочная экспедиция. Новиков В.Н., Дробноход В.Б., Кошман В.А. Киев, 1986.
- Панасюк Н.И. Определение коэффициента фильтрации аллювиальных песков в районе промплощадки ЧАЭС. *Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля*. 2014. Вип. 23. С. 124–130.
- Поляков Б.В. Гидрологический анализ и расчеты. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1946. 480 с.
- Попов О.В. Подземное питание рек. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1968. 292 с.
- Рубан С.А., Шинкаревський М.А. Гідрогеологічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України. Київ: УкрДГР, 2005. 572 с.
- Ситников А.Б. Вопросы миграции веществ в грунтах. Киев: Ин-т геол. наук НАН Украины, 2010. 605 с.
- Соколовский Д.Л. Речной сток (основы теории и методики расчетов). Ленинград: Гидрометеоиздат, 1968. 540 с.
- Стрельцов А.О., Шевченко О.Л. Визначення геофільтраційних параметрів алювіальних піщаних голоценових відкладів методом кущових відкачок в Подільському районі м. Києва. *Ідеї та новації в системі наук про Землю*: 36. матеріалів ІХ Всеукр. молодіж. наук. конф. (Київ, 21–22 черв. 2022 р.). Київ, 2022. С. 56.
- Шевченко О.Л., Чарний Д.В., Осадчий В.І., Ільченко А.О. Стік ґрунтових вод у басейні річки Південний Буг в умовах глобального потепління. *Геол. журн.* 2021. № 3 (376). С. 3–16.
- Шестаков В.М. Гидрогеодинамика. Москва, 2009. 334 с.
- Шестопалов В.М., Богуславский А.С., Бублясь В.М. Оценка защищенности и уязвимости подземных вод с учетом зон быстрой миграции. Киев: НИЦ РПИ НАН Украины, 2007. 120 с.
- Bailey R.T., Wible T.C., Arabi M., Records R.M., Ditty J. Assessing regional-scale spatio-temporal patterns of groundwater-surface water interactions using a coupled SWAT-MODFLOW model. *Hydrol. Process.* 2016. Vol. 30. P. 4420–4433.
- Bizhanimanzar M., Leconte R., Nuth M. Catchment-Scale Integrated Surface Water-Groundwater Hydrologic Modelling Using Conceptual and Physically Based Models: A Model Comparison Study. *Water*. 2020. Vol. 12 (2). P. 363. <https://doi.org/10.3390/w12020363>
- Chan W.C.H., Thompson J.R., Taylor R.G., Nay A.E., Ayenew T., Macdonald A.M., Todd M.C. Uncertainty assessment in river flow projections for Ethiopia's Upper Awash Basin using multiple GCMs and hydrological models. *Hydrol. Sci. J.* 2020. Vol. 65. P. 1720–1737.
- Dai Z., Amatya D.M., Sun G., Trettin C.C., Li G., Li L. A comparison of MIKE SHE and DRAINMOD for modelling forested wetland hydrology in coastal South Carolina, USA. *17th World Congress of the International Commission of Agricultural Engineering*. Quebec, Canada, Canadian Society for Bioengineering. 2010. P. 1–11.
- Graph. Plotting of mathematical functions. Main. Online. URL: <https://www.padowan.dk/> (last access: 02.01.2024)
- Lobodzinskiy O., Danko K. Long-Term Dynamics of the Under-ground Feeding of the Horyn River Basin Rivers. *XVI International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment"*, Monitoring 2022: 17 Conference Proceedings. Vol. 2022. November 15–18, 2022. Kyiv, Ukraine, 2022. P. 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580203>
- Palupi R., Ramdhan A.M., Suwarman R. Contribution of groundwater toriverdischarge in the Mampangsub-watershed. *International Journal of Science and Society*. 2023. Vol. 5, iss. 3. P. 102–110. <https://www.researchgate.net/publication/371814902>

- Rahman M.M., Thompson J.R., Flower R.J. An enhanced SWAT wetland module to quantify hydraulic interactions between riparian depressional wetlands, rivers and aquifers. *Environ Model Softw* 84. 2016. P. 263–289.
- Shevchenko O., Skorburn A., Osadchyi V., Osadcha N., Grebin V., Osypov V. Cyclicities in the regime of groundwater and of meteorological factors in the basin of the Southern Bug River. *Water*. 2022. Vol. 14 (14). P. 22–28/ <https://doi.org/10.3390/w14142228>
- Snyder S.F. A conception of RINOFF – Phenomena. National research Council. *Transaction of the American Geophysical Union*: 20th annual Meeting, 26–29 April 1933. 1939. Part 4. P. 725–738.
- Thompson J.R., Refstrup-Sørensen H., Gavin H., Refsgaard A. Application of the coupled MIKE SHE/MIKE 11 modelling system to a lowland wet grassland in Southeast England. *J. Hydrology*. 2004. Vol. 293 (1–4). P. 151–179. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.01.017>
- Thompson J.R., Clilverd H.M., Zheng J., Irvani H., Sayer C.D., Huppell C.M., Axmacher J.C. Revisiting hydroecological impacts of climate change on a restored floodplain wetland via hydrological / hydraulic modelling and the UK Climate Projections 2018 scenarios. *Wetlands*. 2023. Vol. 43, No. 71. P. 1–44. <https://doi.org/10.1007/s13157-023-01708-0>
- ## References
- Bailey R.T., Wible T.C., Arabi M., Records R.M., Ditty J. 2016. Assessing regional-scale spatio-temporal patterns of groundwater-surface water interactions using a coupled SWAT-MODFLOW model. *Hydrol. Process*, 30: 4420–4433.
- Geological and economic assessment of underground water reserves of the site Skifs'ka of the Nemyrivs'ke field for the economic, drinking and technological needs of LLC "LVN LIMITED", the subsoil area where wells No. 1/12 are located; 2; 3; 5/2069; 6/2040; 8/2039. Terentiev O.Yu. et al. 2018. Kyiv: VC "Geologist". Book 1. 197 p. (in Ukrainian).
- Bizhanimanzar M., Leconte R., Nuth M. 2020. Catchment-Scale Integrated Surface Water-Groundwater Hydrologic Modelling Using Conceptual and Physically Based Models: A Model Comparison Study. *Water*, 12 (2): 363. <https://doi.org/10.3390/w12020363>
- Chan W.C.H., Thompson J.R., Taylor R.G., Nay A.E., Ayenew T., MacDonald A.M., Todd M.C. 2020. Uncertainty assessment in river flow projections for Ethiopia's Upper Awash Basin using multiple GCMs and hydrological models. *Hydrol Sci. J.*, 65: 1720–1737.
- Dai Z., Amatya D.M., Sun G., Trettin C.C., Li G., Li L. 2010. A comparison of MIKE SHE and DRAINMOD for modeling forested wetland hydrology in coastal South Carolina, USA. *17th World Congress of the International Commission of Agricultural Engineering*. Quebec, Canada, Canadian Society for Bioengineering.
- Graph. Plotting of mathematical functions. Main. Online. URL: <https://www.padowan.dk/> (last access: 02.01.2024)
- Hrebin V.V., Vasylenko Ye.V. 2010. Methodological aspects of the selection of underground constituent in the nourishment of rivers. *Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia*, 4 (21): 8–15 (in Ukrainian).
- Kudelyn B.Y. 1960. Principles for regional assessment of natural groundwater resources. Moscow: Publisher house MHU (in Russian).
- Lobodzinskiy O., Danko K. 2022. Long-Term Dynamics of the Underground Feeding of the Horyn River Basin Rivers. *XVI International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment"*, Monitoring 2022: 17 Conference Proceedings, 2022, November 15–18, 2022. Kyiv, Ukraine, p. 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580203>
- Lobodzinskiy O.V., Danko K.Yu. 2023. Determination and assessment of changes in the types of feeding of the rivers of the Horyn river basin. *Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia*, 2 (68): 32–42 (in Ukrainian).
- Luchsheva A.A. 1976. Practical hydrology. Leningrad: Hydrometeoizdat (in Russian).
- Ohyevskiy A.V. 1952. Land hydrology (general and engineering): textbook. Moscow: Hosudarstvennoe yzdatelstvo selskokhoziastvennoi lyteratury (in Russian).
- Report on detailed exploration of groundwater for domestic and drinking water supply in the city of Pripyat, Kyiv region of the Ukrainian SSR for 1984–1986. (sections Benevskiy, Usovskiy) (with calculation of operational reserves as of 01.01.1986). Right Bank geological exploration expedition.. Novykov V.N., Drobnokhod V.B., Koshman V.A. Kyiv (in Russian).
- Palupi R., Ramdhan A.M., Suwarman R. 2023. Contribution of groundwater to overdischarge in the Mampangsub-watershed. *International Journal of Science and Society*, 5, 3: 102–110. <https://www.researchgate.net/publication/371814902>
- Panasiuk N.I. 2014. Determination of the filtration coefficient of alluvial sands in the area of the Chernobyl nuclear power plant industrial site. *Problemy bezpeky atomnykh elektrostansii i Chornobylia*, 23: 124–130 (in Russian).
- Polyakov B.V. 1946. Hydrological analysis and calculations. Leningrad: Gidrometeoizdat (in Russian).
- Popov O.V. 1968. Underground river feeding. Leningrad: Gidrometeoizdat (in Russian).
- Rahman M.M., Thompson J.R., Flower R.J. 2016. An enhanced SWAT wetland module to quantify hydraulic interactions between riparian depressional wetlands, rivers and aquifers. *Environ Model Softw* 84: 263–289.
- Ruban S.A., Shinkarevskiy M.A. 2005. Hydrogeological assessments and forecasts of the groundwater regime of Ukraine. Kyiv: UkrDGRI (in Ukrainian).
- Shestakov V.M. 2009. Hydrogeodynamics. Moscow, p. 120–145 (in Russian).
- Shestopalov V.M., Bohuslavskiy A.S., Bublias V.M. 2007. Assessment of groundwater protection and vulnerability, taking into account rapid migration zones. Kyiv: NYTs RPY NAN Ukrainy (in Russian).
- Shevchenko O.L., Charny D.V., Osadchyi V.I., Ilchenko A.O. 2021. Groundwater flow in the Pivdennyi Buh River basin in the context of global warming. *Geologichnij zhurnal*, 3 (376): 3–16. doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.3.237361 (in Ukrainian).
- Shevchenko O., Skorburn A., Osadchyi V., Osadcha N., Grebin V., Osypov V. 2022. Cyclicities in the regime of groundwater and of meteorological factors in the basin of the Southern Bug River. *Water*, 14 (14): 2228. <https://doi.org/10.3390/w14142228>
- Snyder S.F. 1939. A conception of RINOFF – Phenomena. National research Council. *Transactions of the American Geophysical Union*: 20th annual Meeting, 26–29 April 1933. Part 4, p. 725–738.
- Sokolovskiy D.L. 1968. River flow (fundamentals of theory and calculation methods). Leningrad: Gidrometeoizdat (in Russian).
- Streltsov A.O., Shevchenko O.L. 2022. Determination of geofiltration parameters of alluvial sandy Holocene deposits by the method of bush pumping in the Podilskiy district of Kyiv. *Ideii ta novatsii v systemi nauk pro Zemliu*: Zbirnyk materialiv IX Vseukr. Molodizhnoi nauk. konf. (Kyiv, 21–22 June 2022). Kyiv, p. 56 (in Ukrainian).
- Sitnikov A.B. 2010. The issue of migration of substances in soils. Kyiv: Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine (in Russian).
- Thompson J.R., Refstrup-Sørensen H., Gavin H., Refsgaard A. 2004. Application of the coupled MIKE SHE/MIKE 11 modelling system to a lowland wet grassland in Southeast England. *J. Hydrology*, 293 (1–4): 151–179. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.01.017>
- Thompson J.R., Clilverd H.M., Zheng J., Irvani H., Sayer C.D., Huppell C.M., Axmacher J.C. 2023. Revisiting hydroecological impacts of climate change on a restored floodplain wetland via hydrological hydraulic modelling and the UK Climate Projections 2018 scenarios. *Wetlands*, 43: 71. <https://doi.org/10.1007/s13157-023-01708-0>
- Zuzuk F.V., Kutovyi S.S., Hrytsyuk Y.V. 2019. The role of different types of feeding rivers of the Volyn region in the formation of the ir water resources. Lutsk: Eastern Europe. National Univ. Lesi Ukrainka (in Ukrainian).
- Water exchange in hydrogeological structures of Ukraine. 1988. Methods for studying water exchange. Chief ed. Shestopalov V.M. Kyiv: Naukova Dumka, p. 53–118 (in Russian).

<https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.287312>
УДК 551.243 (477.2)

Структурне положення та поширення нижньокрейдових чорносланцевих відкладів у межах Сілезького покриву Українських Карпат

О.М. Гнилко^{1*}, А.В. Муровська^{2,3}, М.І. Богданова⁴

E-mail: ohnilko@yahoo.com;
murovskaya@gmail.com;
milena.bohdanova@lnu.edu.ua

*Corresponding author /
Автор для кореспонденції:
O.M. Hnylko, ohnilko@yahoo.com

Received / Надійшла до редакції:
11.09.2023

Received in revised form /
Надійшла у ревізованій формі:
04.01.2024

Accepted / Прийнята:
19.02.2024

Keywords: Silesian Nappe; Ukrainian Carpathians; tectonic structure; Cretaceous deposits; black shale; Shypot Formation.

Ключові слова: Сілезький покрив; Українські Карпати; тектонічна структура; крейдові відклади; чорні сланці; шипотська світа.

¹Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна; ²Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна; ³Університет Парми, Департамент наук про хімію, життя та навколишнє середовище, Парма, Італія; ⁴Львівський національний університет ім. Івана Франка, Львів, Україна

Structural position and distribution of the Lower Cretaceous black shale deposits within the Silesian Nappe of the Ukrainian Carpathians

O.M. Hnylko^{1*}, A.V. Murovska^{2,3}, M.I. Bohdanova⁴

¹Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of the NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine; ²S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine; ³University of Parma, Department of Life Sciences and Environmental Sustainability, Parma, Italy; ⁴Ivan Franko Lviv National University, Lviv, Ukraine

The article presents the results of studying the structural position and distribution of potentially oil-generating, organic-enriched Lower Cretaceous black shale deposits of the Shypot Formation, developed within the Silesian Nappe, using the methods of geological mapping and structural analysis. We concluded, that these deposits, which are exposed in the Vicha River basin near the town of Volovets among a continuous field of Oligocene flysch, are the part of the stratigraphic succession of the Silesian Nappe, and they are not a large olistolith or an allochthonous tectonic remnant of another, more internal nappe. Shypot Formation fills a large (1 × 3 km) subvertical tectonic lens. The rocks of the Shypot Formation are represented here by medium-rhythmic flysch: sandstone beds alternating with dark gray and black foliated mudstone (black shale) layers. They are lithified products of both medium-density turbidite flows and hemipelagic deposition of clayey material with a significant amount of organic matter.

In the contact zone of the tectonic lens with the surrounding rocks, the deposits are intensively deformed, almost isoclinal folds with subvertical hinges are observed, which suggest the strike-slip movements. A tectonic mélange is recorded here, which is represented by small blocks (clastolites) of brittle sandstones, sometimes similar to Shypot sandstones, placed in a silt-pelitic ductile matrix. Foliation of the mélange matrix is also subvertical and close to the meridional and/or subcarpathian direction. The structural studies carried out show that in the zone of this contact there were compressive stresses perpendicular to the Carpathian orogen, and stress fields that caused strike-slip movements, most likely right-lateral along the Carpathian thrusts. The tectonic lens is located within the broad Latorytsa-Stryi shear zone, and probably extruded out from deep horizons by transpressive movements (compression and strike-slip) and forms a “positive flower structure”. The vertical foliation in the mélange suggests that small blocks of Shypot sandstones were extruded up together with the ductile mélange matrix during diapirism. Similar processes probably led to the rise of a large lens of Shypot sandstones as the positive flower structure.

The studies suggests that the black shale deposits of the Shypot Formation, enriched with organic matter, are widespread at some depth within the Silesian Nappe, and in some places are pushed up to the level of the Oligocene flysch. As a result, the Shypot Formation and Oligocene flysch are now in direct contact along faults/mélange zones. The presence of Lower Cretaceous potentially oil- and gas-generating black shale deposits within the Silesian Nappe significantly increases the prospects for oil and gas exploration in this area.

© Видавець Інститут геологічних наук НАН України, 2024. Стаття опублікована за умовами відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

© Publisher Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, 2024. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Ц и т у в а н н я : Гнилко О.М., Муровська А.В., Богданова М.І. Структурне положення та поширення нижньокрейдових чорносланцевих відкладів у межах Сілезького покриву Українських Карпат. *Геологічний журнал*. 2024. № 1 (386). С. 47–61. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.287312>

C i t a t i o n : Hnylko O.M., Murovska A.V., Bohdanova M.I. 2024. Structural position and distribution of the Lower Cretaceous black-shale deposits within the Silesian Nappe of the Ukrainian Carpathians. *Geologichnij žurnal*, 1 (386): 47–61. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.287312>

Вступ

Необхідною частиною виявлення перспектив нафтогазоносності регіону є прогноз поширення нафтогазогенеруючих відкладів та реконструкція умов їх утворення. Відомо, що головним джерелом нафти і газу у Карпатах є чорні сланці – збагачені органічною речовиною тонколистуваті аргіліти. Збагачені органікою відклади в Українських Карпатах розвинені головним чином серед нижньокрейдових (спаська, шипотська світи) та олігоценових (менілітова світа) утворень, характеристика яких як можливих джерел вуглеводнів наводиться в роботах (Sachsenhofer, Koltun, 2012; Крупський та ін., 2014). Вважається, що головним джерелом нафти і газу у Зовнішніх (Флішевих) Карпатах є породи менілітової світи (олігоцен–нижній міоцен) (Curtis et al., 2004; Picha, Golonka, 2005; Kotarba et al., 2009). Загальний вміст органічного вуглецю (англ. TOC – Total Organic Carbon) у чорних сланцях менілітової світи досягає 20 %, хоча в середньому варіює між 4 і 8 %. (Sachsenhofer, Koltun, 2012). Додатковим джерелом можуть бути нижньокрейдові збагачені органікою товщі, де вміст TOC зазвичай перевищує 2 % і може досягати 8 % (Sachsenhofer, Koltun, 2012). Одним з найдавніших нафтовидобувних районів Карпат є Сілезький покрив. В його межах у Польщі знаходиться понад 40 родовищ нафти, що дає надію на відкриття нових родовищ і на українській території цього покриву (Крупський та ін., 2014).

Стратиграфічний розріз порід української частини Сілезького покриву (відомого також під назвою Кросненський покрив чи зона) містить збагачені органікою олігоценові (менілітова, дусинська світи) та еоценові (сойменська світа) відклади (История..., 1981; Вялов и др., 1989; Нпукло О., Нпукло С., 2019). В цьому розрізі нижньокрейдові утворення не показані на «Регіональній стратиграфічній схемі крейдових відкладів Українських Карпат» (Вялов и др., 1989). На уніфікованій стратиграфічній схемі (Стратиграфические..., 1993), яка використовувалась при складанні Карпатської серії аркушів Держгеолкарти-200, нижньокрейдові відклади наявні в Кросненській зоні, де представлені шипотською світою, проте, як вказувалось головним редактором цієї карти (Круглов, 2009), шипотська світа тут присутня тільки в складі Голятинської структури. До цієї ж структури, очевидно, відноситься і шипотська світа, зображена на «Стратиграфічній схемі нижньокрейдових відкладів Карпат» (Стратиграфія..., 2013), де Голятинська

структура і Кросненська зона є об'єднаними. Проте Голятинська структура відноситься не до Сілезького, а до Субсілезького покриву (Нпукло О., Нпукло С., 2019). Отже, відповідно до наявних стратиграфічних схем Українських Карпат, нижньокрейдові відклади в межах української частини Сілезького покриву по суті не відображені. В працях багатьох дослідників в описаному районі нижньокрейдові чорносланцеві утворення характеризувались саме в межах Голятинської структури (Геологическое..., 1971; Габінет та ін., 1976; История..., 1981), хоча деякі геологи заперечували наявність таких утворень і в цій структурі (Кузовенко та ін., 2005).

Окрім Голятинської структури, давно відомі локальні виходи шипотської світи, розміщені в межах Сілезького покриву в тильній його частині. Вони показані на опублікованих геологічних картах (Геологическая..., 1976; Державна..., 2003) окремими невеликими виходами серед олігоценового флішу, проте інтерпретуються як олістоліти – тобто зсувні тіла, які можуть бути алохтонними і не пов'язаними з породами власне Сілезького покриву. Найбільше з таких тіл шипотської світи відоме поблизу м. Воловець на горі Гимба та відслонюється в долині р. Віча і також інтерпретується як олістоліт (Геологическая..., 1977).

Метою статті є визначення наявності, уточнення структурної позиції та поширення потенційно нафтогенеруючих збагачених органікою нижньокрейдових чорносланцевих відкладів шипотської світи Сілезького покриву. Це є важливим як для доповнення знань про стратиграфію і тектоніку Карпат, так і для оцінки перспектив нафтогазоносності регіону. Завданням статті є деталізація геологічної будови шляхом геологічного картування, спеціалізоване вивчення меланжевих утворень та проведення мезоструктурного аналізу району природних відслонень шипотської світи.

Геологічна ситуація

Сілезький покрив належить до Зовнішніх (Флішевих) Карпат, які виповнені верхньоюрсько-міоценовими переважно флішевими відкладами і насунені на міоценові моласи Передкарпатського прогину. Зовнішні Карпати складені пакетом тектонічних покривів і розглядаються як крейдово-неогенова акреційна призма, утворена в результаті субдукції підфлішевої основи Карпатського седиментаційного басейну під мікроконтинентальні терейни Алькапа та

Тися-Дакія, які зараз розміщені у Внутрішніх (Центральних) Карпатах (рис. 1) (Csontos, Vörös, 2004; Picha, Golonka, 2005; Oszczyrko, 2006; Гнилко, Генералова, 2014; Kováč et al., 2016; Schmid et al., 2020).

Сілезький покрив – це один з найбільших тектонічних елементів (одиниць) Зовнішніх (Флішевих) Карпат (див. рис. 1). Більша його частина розвинена в Західних Карпатах на теренах Польщі і Чехії. Він представлений потужним комплексом верхньоюрсько-міоценових здебільшого флішевих відкладів (Picha, Golonka, 2005). В Українських Карпатах границі та речовинне виповнення Сілезького покриву дослідники трактували по-різному, причому особливо дискусійною були природа та локалізація фронтальної (північно-східної) його межі (История..., 1981;

Тектоническая..., 1986; Hnylko O., Hnylko S., 2019 і посилання там). Геокартувальні роботи, проведені в 2006–2010 рр. спільно з В.О. Ващенком (начальником геологозйомочної партії Львівської ГРЕ) при геологічному довивченні і підготовці до видання аркуша «Стрий» Держгеолкарти України масштабу 1:200 000, показали, що північно-східна межа Сілезького покриву є насивною зоною (що трасується меланжем і оліостромою), яка простягається від басейну р. Дністер поблизу кордону з Польщею на південний схід до Голятинської структури (фрагменту Субсілезького покриву) в басейні р. Ріка. Сілезький покрив насунений до північного сходу на Субсілезьку та Скибову одиниці, а з південного заходу на нього насунені Дуклянська та Свидовецька одиниці (Hnylko O., Hnylko S., 2019 і посилання там) (див. рис. 1).

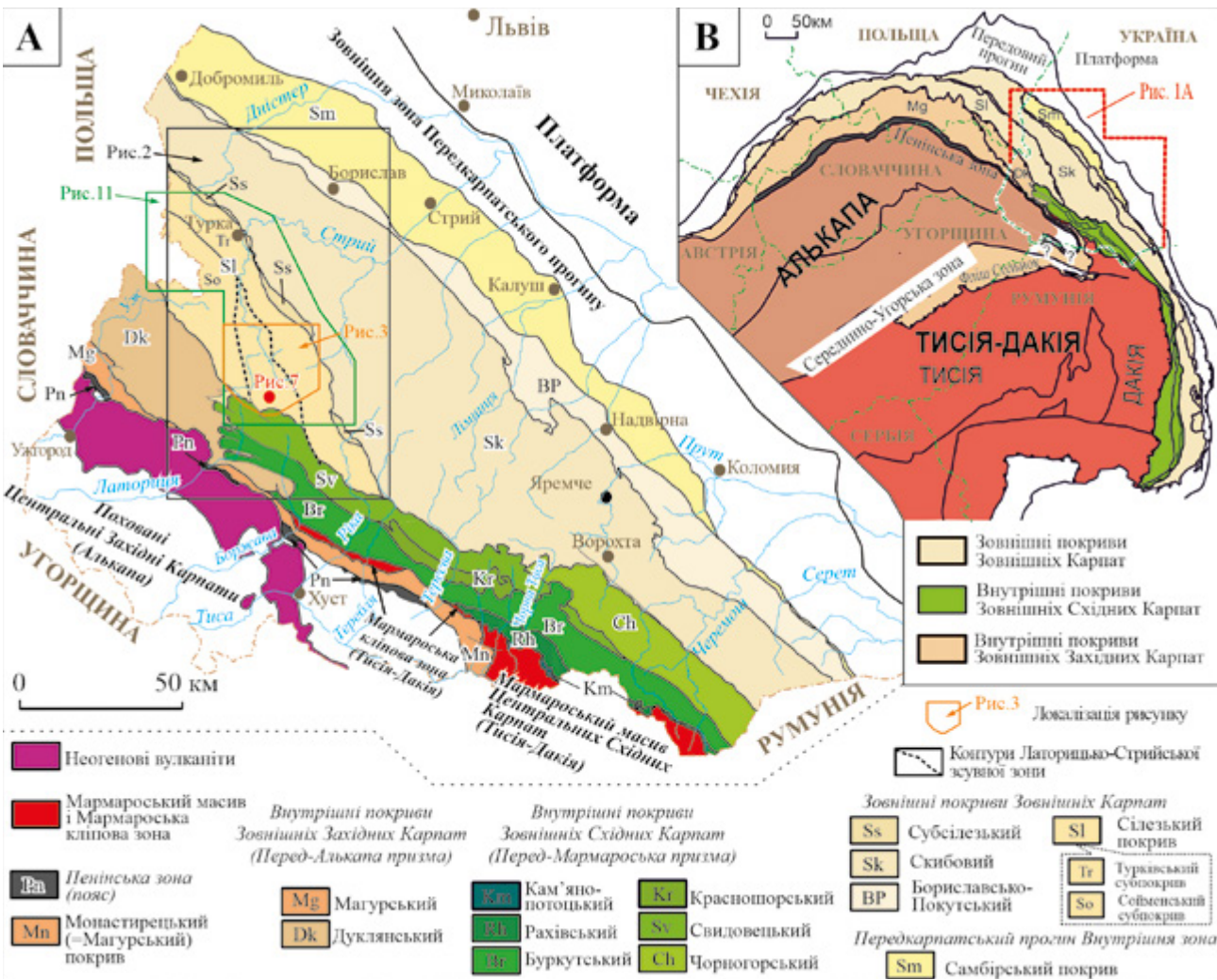


Рис. 1. (А). Головні тектонічні одиниці Українських Карпат (Гнилко, Генералова, 2014, модифіковано). (В). Тектонічна позиція Українських Карпат, позиція терейнів і головних геологічних границь за (Csontos, Vörös, 2004; Picha, Golonka, 2005; Гнилко, Генералова, 2014; Kováč et al., 2016; Schmid et al., 2020) спрощено, з частковими змінами

Fig. 1. (A). Main tectonic units of the Ukrainian Carpathians (Hnylko & Generalova, 2014, modified). (B). Tectonic setting of the Ukrainian Carpathians, position of the terranes and main geological boundaries after (Csontos, Vörös, 2004; Picha, Golonka, 2005; Hnylko, Generalova, 2014; Kováč et al., 2016; Schmid et al., 2020) simplified and partly modified

Більшу частину української території Сілезького покриву займають олігоценово-міоценові відклади, представлені типовими для Зовнішніх Карпат менілітовою (домінують чорні сланці), верецькою (або перехідною: сірий фліш з прошарками чорних сланців) та кросненською (сірий фліш) світами. Доолігоцені палеогенові утворення локально розвинені в центральних частинах покриву і складені головним чином чорносланцевою формацією еоцену (сойменська світа) (История..., 1981; Hnylko O., Hnylko S., 2019). Верхньокрейдові відклади на поверхні не відслонюються, проте широко розвинені за межами України (Picha, Golonka, 2005). Нижня крейда, як зазначалось, відслонюється у вигляді невеликих тіл шипотської світи серед олігоценового флішу в тильній частині Сілезького покриву. Деякі з цих тіл, розміщені в межиріччі Уж–Латориця, були закартовані як олістоліти в складі олігоценової волосняківської олістоформи, утвореної перед фронтом Дуклянського покриву (Hnylko O., Hnylko S., 2019 та посилання там), а тіло, розташоване в басейні р. Віча, розглядається в представленій статті.

Загалом, шипотська світа, що була виділена ще в XIX ст. К.М. Паулем як «шипотські верстви» (Вялов та ін., 1988), розвинена серед відкладів Красношорського, Свидовецького, Черногорського, Дуклянського, Сілезького (див. нижче) та Субсілезького покривів. Вона досягає потужності 500–600 м і у типовому вигляді представлена в нижній частині (підсвіті) переважно чорними аргілітами та алевролітами, а у верхній – середньоритмічним флішем, складеним «склистими» пісковиками та темними до чорних аргілітами. У верхах світи присутні зелені аргіліти. Серед уламкового матеріалу в пісковиках і алевролітах домінує кварц, що визначає «склистий вигляд» шипотських утворень. Шипотська світа перекрита строкатими (зеленими та червоними) аргілітами яловецької світи або ж (у Субсілезькій одиниці) переважно червоними глинистими сланцями і мергелями верхньокрейдово-палеоценової голятинської товщі. Нижня її межа зрізана насувами. Вік світи – барем–альб (Вялов и др., 1989), проте її верхня частина, вірогідно, відповідає сеноману (Маслакова, 1965, 1967). Як зазначалось, вміст ТОС у верхньокрейдових утвореннях, в тому числі шипотській світі, зазвичай перевищує 2 % і може досягати 8 % (Sachsenhofer & Koltun, 2012).

Методика робіт

Геологія району досліджень уточнювалась та деталізувалась шляхом геологічного картування, проведеного в рамках програми з геологічного довивчення та підготовки до видання аркуша «Стрий» Державної геологічної карти України масштабу 1:200 000 в 2006–2009 рр. Роботи супроводжувались седиментологічними дослідженнями, аналізом регіональних структурних форм, в тому числі дешифруванням космоснімків.

В 2022 р. автори статті проводили мезоструктурні дослідження зони контакту нижньокрейдових та олігоценових порід. Для реконструкції палеонапружень були задіяні методи структурної геології: структурно-парагенетичний та кінематичний (див. огляд методів у (Гинтов, 2005)). Ці методи були застосовані вперше для визначення структурної позиції шипотської світи в Сілезькому покриві. Структурно-парагенетичний метод дозволяє відновлювати положення головних осей тензора напруження на основі геометричних співвідношень між розривами, спираючись на експериментальні дані по деформуванню та руйнуванню зразків гірських порід, які описуються феноменологічною теорією міцності Кулона–Мора. Найпоширенішими в природних відслоненнях є сполучені сколи Ріделя R і R' , гострий кут між якими становить $\theta = 50\text{--}70^\circ$, та L - та L' -сколи, кут між якими дорівнює $\theta = 85\text{--}90^\circ$. L - і L' -сколи є субпаралельними площинам максимальних дотичних напружень та формують кути 45° до головних осей σ_1 та σ_3 . R і R' -сколи складають кут менший ніж 45° до осі стиснення σ_1 . Для опрацювання замірів тріщинуватості була використана програма Stereo32 (Roller, Treppmann, 2011), яка дозволяє відображати лінійні та площинні елементи на сітці Вульфа.

За допомогою кінематичного методу, який базується на принципах дислокаційної теорії пластичності, за сукупністю тектонічних дзеркал з борознами ковзання, відновлюється положення та співвідношення величин головних нормальних осей тензора напружень. Відповідно до основного постулату, покладеного в основу кінематичного методу, напрямок переміщення по поверхні тектонічного дзеркала відповідає напрямку дотичного напруження. В даній роботі польові заміри дзеркал ковзання були опрацьовані та проінтерпретовані за допомогою програми Win-Tensor (Devlaux, Sperner, 2003).

Результати та їх обговорення

Будова зони контакту шипотської світи та олігоценових порід. Шипотська світа в межах Сілезького покриву відслонюється поблизу м. Воловець по річищу р. Віча та на горі Гимба. Як показали результати наших картувальних робіт, тут вона вивопнює тектонічну лінзу, що обмежена розломами та орієнтована з північного заходу на південний схід (рис. 2, 3). Її розміри досягають приблизно 3 км по довгій осі та 1 км – по короткій. Лінза розвинена серед суцільного поля олігоценового флішу верецької, кросненської, місцями менілітової світи. Залягання порід як у самій лінзі, так і за її межами, як правило, субвертикальне, їх простягання – переважно з північного заходу на південний схід (так зване субкарпатське простягання, паралельне орогенній споруді).

Зона контакту шипотської світи та олігоценового флішу, шириною до кількох десятків метрів, відслонена на південно-західній околиці м. Воловець по річищу р. Віча. Породи шипотської світи тут представлені середньоритмічним флішем – шарами пісковиків потужністю до 0,5–1 м (рис. 4), які чергуються з менш потужними пропластками темно-сірих та чорних листоватих аргілітів (чорних сланців). Пісковики дрібнозернисті, добре відсортовані, іноді змінюються алевролітами, зерна складені майже повністю кварцем, цемент також квар-

цовий, що надає породам «склисто» вигляду. Чорний колір пелітових порід зумовлений наявністю значної кількості органічної речовини. Загалом, породам притаманні елементи Боума. Вони є літифікованими продуктами турбідитних потоків середньої густини та геміпелагічного осадження глинистого матеріалу з органічною речовиною.

В обриві на правому березі р. Віча, на південно-західній околиці м. Воловець в складі шипотської світи відслонюються також зеленкувато-сірі аргіліти, з яких у відібраних нами трьох пробах Л.Д. Пономарьова визначила (усне повідомлення) таку мікрофауну дрібних форамініфер. Проба 1: *Psammosphaera* sp.; *Reophax parvulus* Huss; *Haplophragmoides gigas minor* Nauss; *Recurvoides* aff. *contortus* Earle. (нижня крейда, верхи шипотської світи); проба 2: *Psammosphaera laevigata* White; *Ammodiscus tenuissimus* (Gumbel); *Recurvoides* aff. *contortus* Earle; *Thalmannammina neocomiensis* Geroch (нижня крейда, верхи шипотської світи); проба 3: *Psammosphaera laevigata* White; *Ammodiscus* sp., *Recurvoides* aff. *contortus* Earle. (крейда).

Олігоценові відклади верецької і частково менілітової світи, які обмежують тектонічну лінзу шипотської світи, зазвичай представлені тонкоритмічним флішем – чергуванням сірих, іноді чорних листоватих аргілітів з сірими алевролітами. Товщина прошарків – від перших

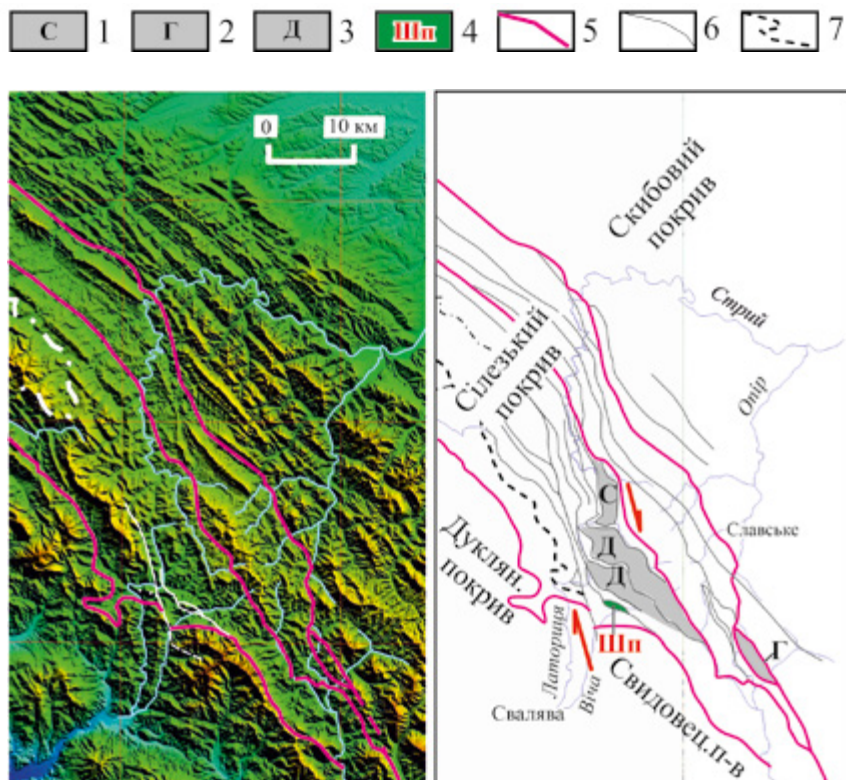


Рис. 2. Положення тектонічної лінзи шипотської світи Сілезького покриву на схемі дешифрування космознімка: 1 – структура Сможе; 2 – Голятинська структура; 3 – зсувні луплекси; 4 – тектонічна лінза шипотської світи; 5 – головні розломи; 6 – другорядні розломи; 7 – вісь хребта, складеного пікуйськими пісковиками кросненської світи

Fig. 2. The position of the tectonic lens of the Shypot Formation of the Silesian Nappe on the deciphering scheme of the space image: 1 – Smozhe Structure; 2 – Holyatyn Structure; 3 – strike-slip duplexes; 4 – tectonic lens of the Shypot Formation; 5 – main faults; 6 – secondary faults; 7 – the axis of the ridge composed of Pikuy Sandstone of the Krosno Formation

міліметрів до сантиметрів (рис. 5), хоча місцями серед цих відкладів присутні шари слюдистих пісковиків потужністю до перших дециметрів. Подекуди спостерігаються виходи чорних листоватих менілітоподібних аргілітів (чорних сланців).

Гірські породи в зоні контакту як у тектонічній лінзі, так і за її межами дуже сильно деформовані. У фліші шипотської світи спостерігаються практично ізоклінальні складки з субветрикальними шарнірами та осьовими поверхнями (див. рис. 4), які свідчать про зсувний характер переміщень.

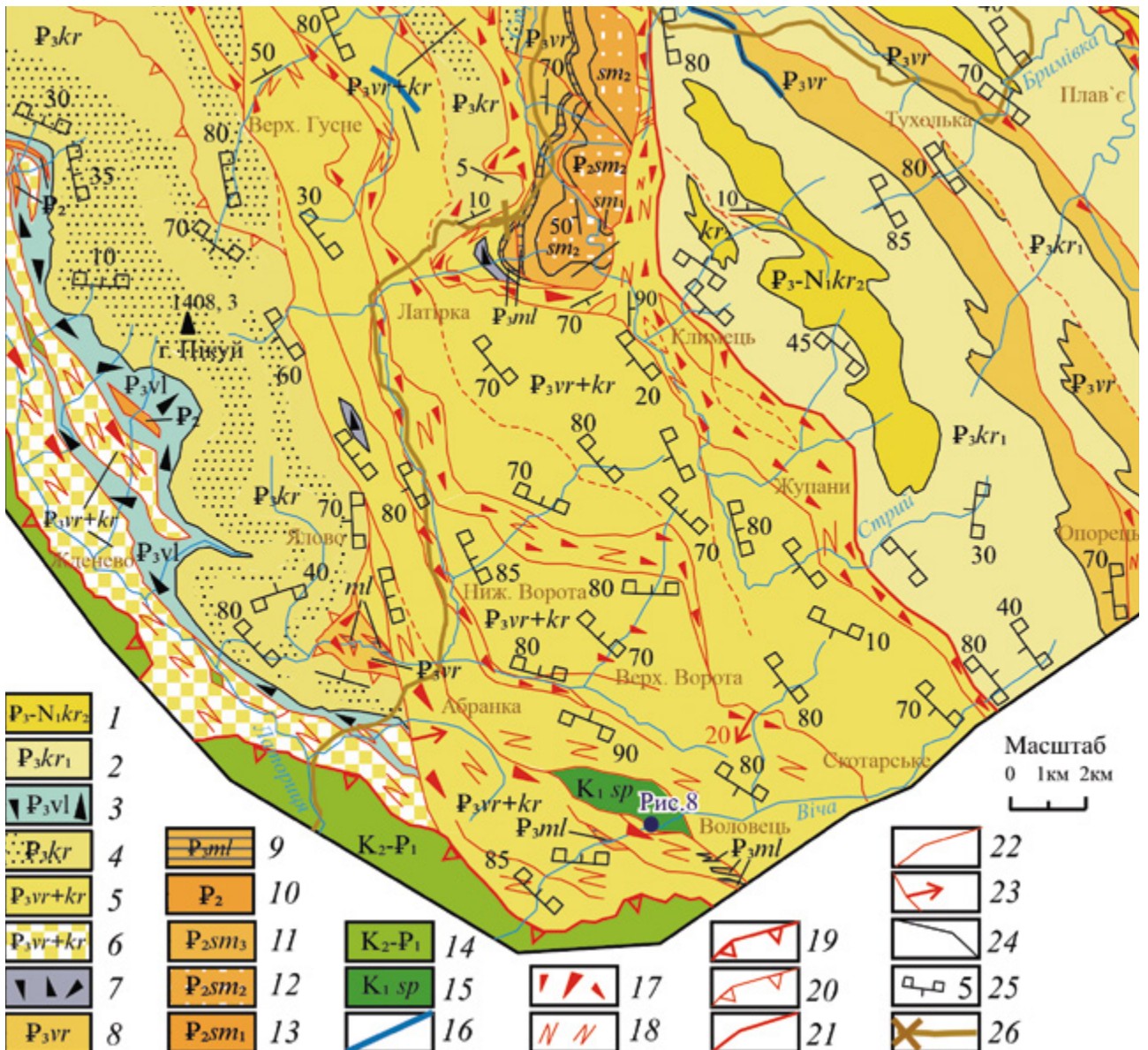


Рис. 3. Позиція тектонічної лінзи шипотської світи Сілезького покриву на геологічній карті фрагменту Сілезького покриву: 1 – середньокросненська підсвіта; 2 – нижньокросненська підсвіта; 3 – матрикс волосянківської олістостроми; 4 – кросненська світа; 5 – верецька та кросненська світи нерозчленовані; 6 – верецька та кросненська світи нерозчленовані в складі волосянківської олістостроми; 7 – олістостромові лінзи; 8 – верецька світа; 9 – менілітова світа; 10 – еоценові відклади; 11 – верхньосоїменська підсвіта; 12 – середньосоїменська підсвіта; 13 – нижньосоїменська підсвіта; 14 – крейдово-палеогеновий фліш; 15 – шипотська світа в тектонічній лінзі; 16 – горизонт-маркер головецьких «смугастих» вапняків; 17 – тектонічні брекчії, меланж; 18 – інтенсивна складчастість; 19 – поверхні насування покривів; 20 – поверхня насування Переддуклянської луски Сілезького покриву; 21 – межа Соїменської та Турківської субодниць (розлом); 22 – розломи; 23 – напрямки та кути падіння розломів; 24 – геологічні границі; 25 – елементи залягання гірських порід, півколами показані нижні поверхні осадових шарів; 26 – автодорога Львів–Мукачеве та Верецький перевал

Fig. 3. The position of the tectonic lens of the Shypot Formation of the Silesian Nappe on the geological map of a fragment of the Silesian Nappe: 1 – middle Krosno member; 2 – lower Krosno member; 3 – matrix of the Volosyanka Olistostrome; 4 – Krosno Formation; 5 – Verets and Krosno formations undivided; 6 – Verets and Krosno formations undivided into Volosyanka Olistostrome; 7 – olistostrome lenses; 8 – Verets Formation; 9 – Menilite Formation; 10 – Eocene sediments; 11 – upper Soimy member; 12 – middle Soimy member; 13 – lower Soimy member; 14 – Cretaceous-Paleogene flysch; 15 – tectonic lens of the Shypot Formation; 16 – marker horizon of Holovets “striped” limestones; 17 – tectonic breccias, mélange; 18 – intense folding; 19 – thrust surfaces; 20 – thrust surfaces of the Fore-Dukla thrust-sheet of the Silesian Nappe; 21 – fault boundary of the Soimy and Turka subunits; 22 – faults; 23 – directions and angles of faults; 24 – geological boundaries; 25 – bedding position elements, semicircles show the lower surfaces of sedimentary layers; 26 – Lviv–Mukacheve highway and Veretsky Pass

Такого ж типу дрібні складки характерні і для тонкоритмічного флішу верецької світи, що прилягає до лінзи шипотської світи. Осьові поверхні цих складок з вертикальними шарнірами, як правило, мають субкарпатське чи меридіональне простягання (див. рис. 5), близьке до напрямку видовження тектонічної лінзи, що вказує на зсувні переміщення вздовж даної лінзи. Глинисті породи розсланцьовані, їм притаманна субвертикальна фоліація, яка також субпаралельна видовженню лінзи. Шипотські пісковики інтенсивно розтріскані, подекуди перетворені в тектонічну брекчію (див. рис. 4). Складки часто зміщені одна відносно одної субвертикальними розривними поверхнями.

В зоні тектонічного контакту шипотської світи та олігоценових відкладів фіксується мономіктовий (тобто розвинений по відкладах однієї, в даному випадку флішевої формації) меланж, який представлений невеликими брилами (кластолітами) жорстких пісковиків, поміщених в алевропелітовий матрикс. У матриксі ми спостерігали дислокації як крихкого, так і пластичного типів. У першому випадку вони представлені брекчіями, глиною тертя, кліважем, тріщинуватістю, катаклазованими породами. В другому ми спостерігали глинисто-алевритисту масу з флюїдальною текстурою та дрібними складками течії, в яку поміщені брили і будини пісковиків. Місцями пісковики в брилах мають склистий шипотський вигляд, а матрикс виглядає як перероблені глинисті породи верецької світи. Загалом, фоліація матриксу меланжу також субвертикальна і близька до меридіонального і/чи субкарпатського напрямку (рис. 6).

Безпосередньо в зоні контакту лінзи шипотської світи з олігоценовими відкладами були проведені структурні дослідження, результати яких показані на рис. 7–10. Проведений аналіз дозволив відновити поля напружень в чотирьох локалізаціях, номери яких вказані цифрами в колі на рис. 7. Поле напружень 1 відновлено за складкою волочіння в аргілітах верецької світи (див. рис. 7, 8, фото праворуч); поле 2 реконструйовано за сукупністю 62 розривів структурно-парагенетичним методом (див. рис. 7, 9). Реконструкція виконана для двох пар максимумів концентрації полюсів розривів (полюс відповідає точці виходу нормалі до поверхні розриву на нижню півсферу). Вісь стиснення визначалась як бісектриса тупого кута між полюсами розривів. Для пари максимумів 1 і 2 субгоризонтальна вісь стиснення має азимут падіння 34° і кут 10° , а субвертикальна вісь розтягу має азимут 184° і кут 78° .



Рис. 4. Пісковики шипотської світи. Крейда. Ріка Віча. Південно-західна околиця м. Воловець, Закарпатська обл.

Fig. 4. Sandstones of the Shypot Formation. Cretaceous. Vicha River. South-Western outskirts of the Volovets town, Transcarpathian region



Рис. 5. Тонкоритмічний фліш верецької світи. Олігоцен. Південно-західна околиця м. Воловець, Закарпатська обл.

Fig. 5. Thin-bedded flysch of the Verets Formation. Oligocene. South-Western outskirts of the Volovets town, Transcarpathian region



Рис. 6. Тектонічний меланж з дрібними брилами шипотських пісковиків у глинисто-піскуватому матриксі верецької світи. Фоліація в матриксі субвертикальна, ручка вказує на напрямок фоліації. Південно-західна околиця м. Воловець, Закарпатська обл.

Fig. 6. Tectonic mélange with the small blocks of the Shypot sandstones in the clayey-sandy matrix of the Verets Formation. The foliation in the matrix is subvertical, the pen indicates the direction of the foliation. South-Western outskirts of the Volovets town, Transcarpathian region

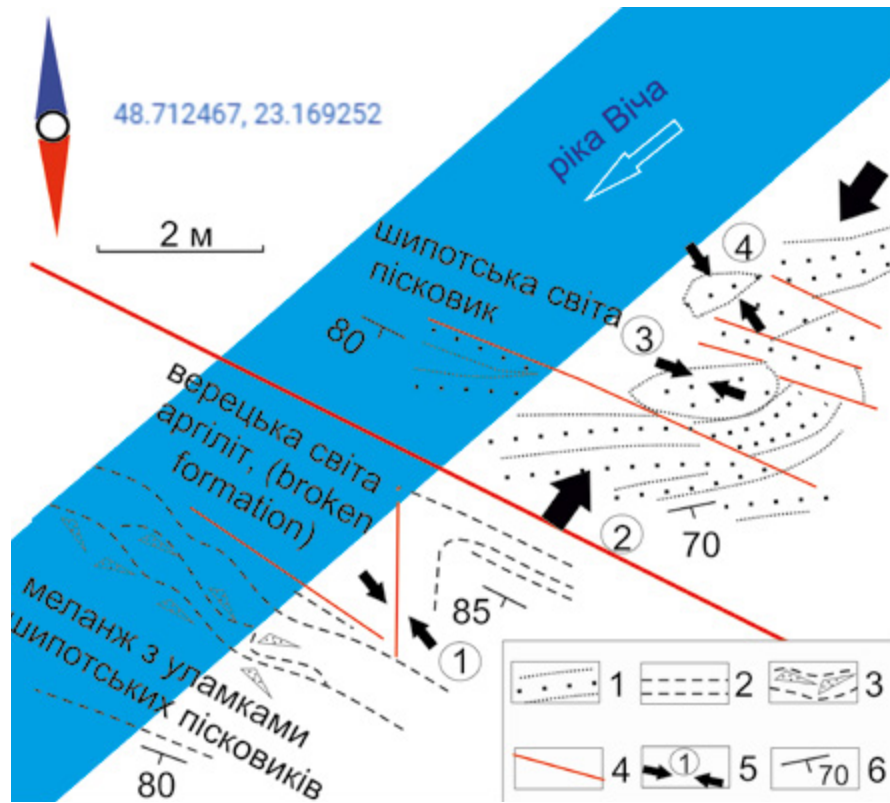


Рис. 7. Структурна схема відслонення в зоні тектонічного контакту верецької та шипотської світи та напрямки відновлених осей стиснення: 1 – пісковики шипотської світи; 2 – аргіліти верецької світи; 3 – тектонічний меланж з уламками шипотських пісковиків; 4 – розривні порушення; 5 – вісь стиснення, реконструйованого за структурними даними, цифра в колі позначає номер реконструкції; 6 – елементи залягання порід. Великі стрілки індикують регіональне поле стиснення, яке реконструйовано структурно-парагенетичним методом для сукупності всіх 62 вимірних розривів (Гинтов, 2005) (див. рис. 9). Аналогічне поле напруження, перпендикулярне до простягання насувів, є характерним для всіх Українських Карпат (Муровська та ін., 2019). Маленькі стрілки показують поля напружень, відновлені по локальних структурних елементах, та відображають більш пізні процеси переміщення по зсувних розломах. Поле напружень в п. 3 визначено за сукупності 11 тектонічних дзеркал (див. рис. 10) і є подібним за типом та орієнтуванням (враховуючи точність кінематичного метода $\pm 15^\circ$) до полів напружень в точках 1 та 4

Fig. 7. The structural diagram of the outcrop in the zone of Verets and Shypot Formations tectonic contact and the directions of restored compression axes: 1 – sandstones of the Shypot Formation; 2 – argillites of the Verets Formation; 3 – tectonic mélange with fragments of Shypot sandstones; 4 – faults; 5 – compression axis reconstructed according to structural data, the number in the circle indicates the number of the reconstruction; 6 – rock bedding. Large arrows indicate the regional compression field, which was reconstructed for the all 62 measured small faults by the structural-paragenetic method (Gintov, 2005) (see Fig. 9). A similar stress field, perpendicular to the trend of thrusts, is characteristic of all the Ukrainian Carpathians (Murovska et al., 2019). Small arrows indicate the stress fields reconstructed on local structural elements and reflect the later movements along strike-slip faults. The stress field at point 3 is restored from a set of 11 sliken-sides (see Fig. 10) and is similar in type and orientation (taking into account the accuracy of the kinematic method $\pm 15^\circ$) to the stress fields at points 1 and 4

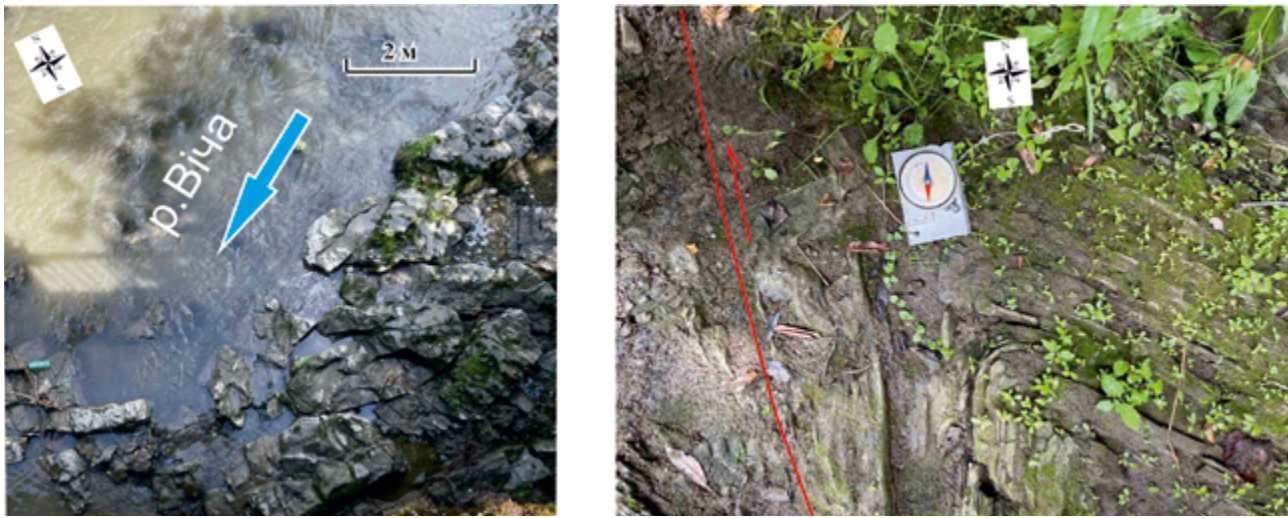


Рис. 8. Відслонення пісковиків шипотської світи (ліворуч) та аргілітів верецької світи (праворуч) у зоні їх тектонічного контакту. Пісковики формують ряд будинованих складок з вертикальними шарнірами та окремих будин, пов'язаних з субвертикальними розривами північно-західного 300° простягання. Прирозломна складка волочіння (праворуч) з вертикальним шарніром в аргілітах вказує на зсувне переміщення лівого типу по розриву (див. також структурну схему даного відслонення на рис. 7)

Fig. 8. The outcrops of the Shypot sandstones (left) and Verets mudstones (right) in the zone of their tectonic contact. The sandstones form a series of broken folds with vertical hinges and individual boudins associated with NW 300°-striking subvertical faults. A near-fault thrust fold (right) with a vertical hinge in argillites indicates a left-type shear movement along a fracture (see also the structural diagram of this outcrop in Fig. 7)

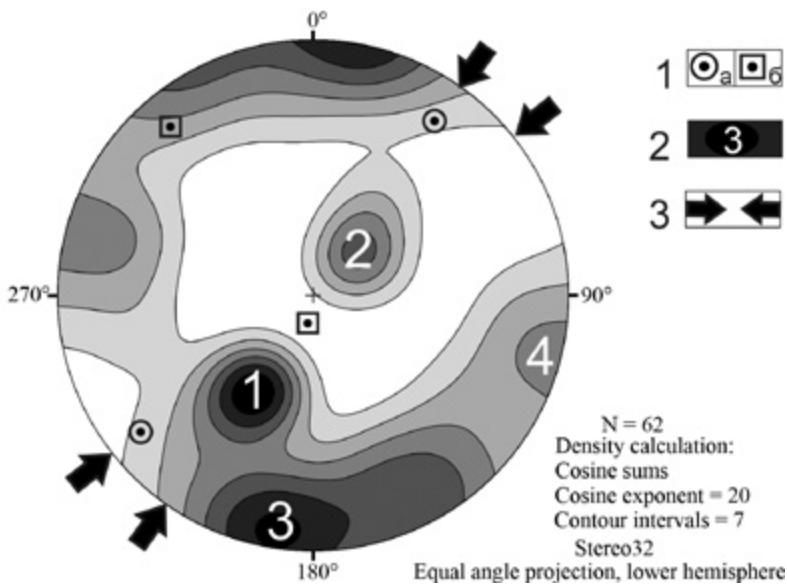


Рис. 9. Стереорама концентрації полюсів 62 розривів та реконструкція орієнтування тензора палеонапруження: 1 – вісь стиснення (а) та розтягу (б); 2 – максимум, задіяний у визначенні осей стиснення і розтягу, та його номер; 3 – проекція осі стиснення на горизонтальну площину

Fig. 9. The stereogram of poles concentration of 62 fractures and the paleostress tensor reconstruction: 1 – the compression (a) and extension (b) axes; 2 – maximum of poles concentration involved in determining of the compression and extension axes, and its number; 3 – the projection of the compression axis on the horizontal plane

Для пари максимумів 3 та 4 субгоризонтальні осі стиснення та розтягу мають азимуту 231° та 320°, відповідно. По відношенню до зони тектонічного контакту, що вивчається, дане поле напруження призводить до скорочення в північно-східному напрямку та витискання матеріалу у вертикальному напрямку. Поле палеонапруження 3 відновлювалось за сукупністю 11 тектонічних дзеркал кінематичним методом (див. рис. 7, 10). Відповідно до реконструкції субгоризонтальна вісь стиснення оріє-

єнтована в північно-західному напрямку 289°, а вісь розтягу занурюється в північно-східному напрямку під крутим кутом 62°, що вказує на деформаційний режим стиснення. Аналіз орієнтування тектонічних дзеркал виявив два домінуючих напрямки простягання субвертикальних порушень: захід-північний захід 270°–280° та північ-північний захід 330°–340°. Поле 4 відновлено за орієнтуванням будин у зоні зсувної деформації (див. рис. 8, фото ліворуч).

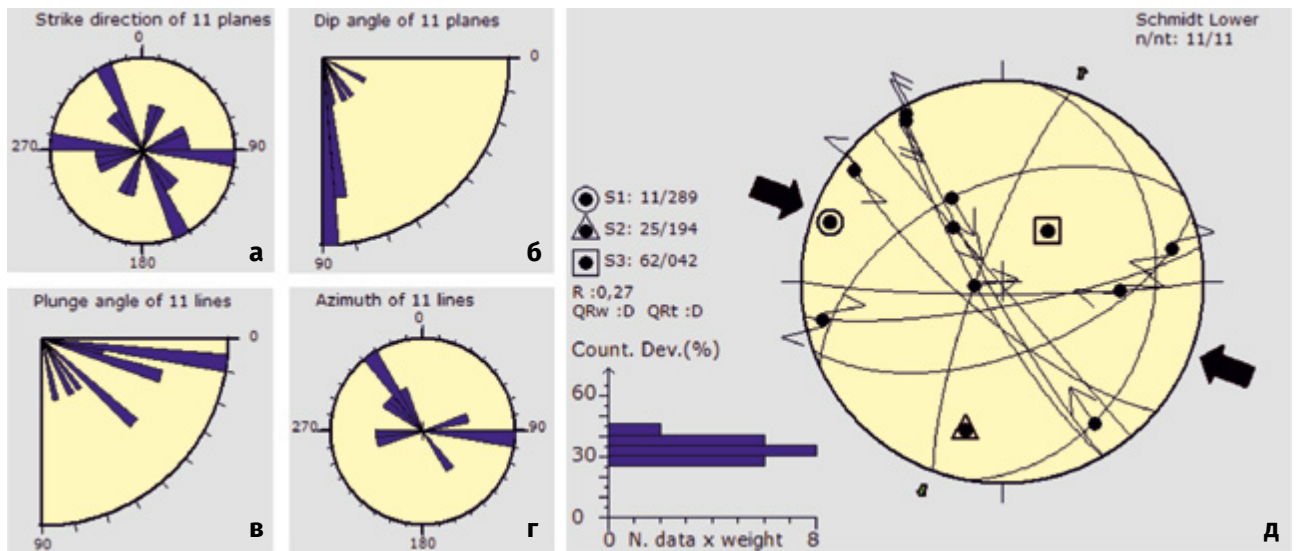


Рис. 10. Орієнтування тектонічних дзеркал з борознами ковзання (а–г) та реконструкція тензора палеонапруження за сукупністю 11 дзеркал у пісковиках шипотської світи (д): азимут простягання (а) та кут падіння (б) дзеркал ковзання, азимут (в) та кут падіння (г) борозен ковзання

Fig. 10. The orientation of tectonic slicken-slides (a–g) and reconstruction of the paleostress tensor based on a set of 11 slicken-slides in the Shypot sandstones (d): strike azimuth (a) and dip angle (b) of the slicken-slides, plunge azimuth (v) and plunge angles (z) of slip lines

Визначення полів у локалізаціях 1 і 4 дозволяє говорити про праві зсуви по головному розриву між породами шипотської і верецької світ. Визначення 3, виконане за сукупністю 11 тектонічних дзеркал кінематичним методом, може вказувати як на праві, так і на ліві зсуви вздовж головного розриву, оскільки вісь стиску близька до простягання цього розриву. Поле напружень в локалізації 2, реконструйоване за сукупністю 62 дрібних розривів, могло призводити до скорочення в північно-східному напрямку та витисканню матеріалу у вертикальному напрямку. Отже, в зоні тектонічного контакту тектонічної лінзи крейдових порід шипотської світи з олігоценовим флішем існували напруження стиску, перпендикулярні до простягання Карпат, та поля напружень, що викликали зсувні переміщення, найвірогідніше правобічні, вздовж простягання Карпат.

Дискусія

Описане тіло шипотської світи, за даними проведених геокартувальних робіт, розміщене в смугі дислокованих порід (завширшки до 10–12 км), яка тягнеться в субмеридіональному напрямку від басейнів рік Латориця і Віча на півдні до м. Бориня на півночі. Ця смуга розвинена в межах Сілезької тектонічної одиниці і відноситься до Латорицько-Стрийської зсувної зони (див. рис. 2, 11). Остання виділена за наземними

спостереженнями та добре дешифрується на космоснімку. Зона характеризується наявністю тектонічних лінз, обмежених субмеридіональними субвертикальними розривами зсувної природи. Ці видовжені тіла, що досягають розмірів до перших кілометрів по короткій осі, виповнені відносно слабо деформованими олігоценовими флішевидами відкладами, що, як правило, залягають моноклінально. Між лінзами розвинені смуги (шириною до десятків і сотень метрів, іноді перших кілометрів) інтенсивно дислокованих олігоценових порід – тектонічних брекчій, меланжу, дрібних складок. Тектоніти, як правило, характеризуються субвертикальною фоліацією. Субвертикальні тектонічні лінзи мають форму зсувних дуплексів стиску (Woodcock, Fisher, 1986), які характеризують правосторонні зсувні зони з елементом стиску (див. рис. 2, 11). Деякі дуплекси (структура Сможе) є дещо повернені за годинниковою стрілкою (див. рис. 2), що також свідчить про правобічний характер переміщень вздовж зсувної зони.

Латорицько-Стрийська зона характеризується широким розвитком дрібних субмеридіональних правобічних розривних порушень зсувного типу та складок з субвертикальними шарнірами. Часто ці складки спряжені з розривами і чітко вказують на правобічний характер переміщень вздовж зсувів.

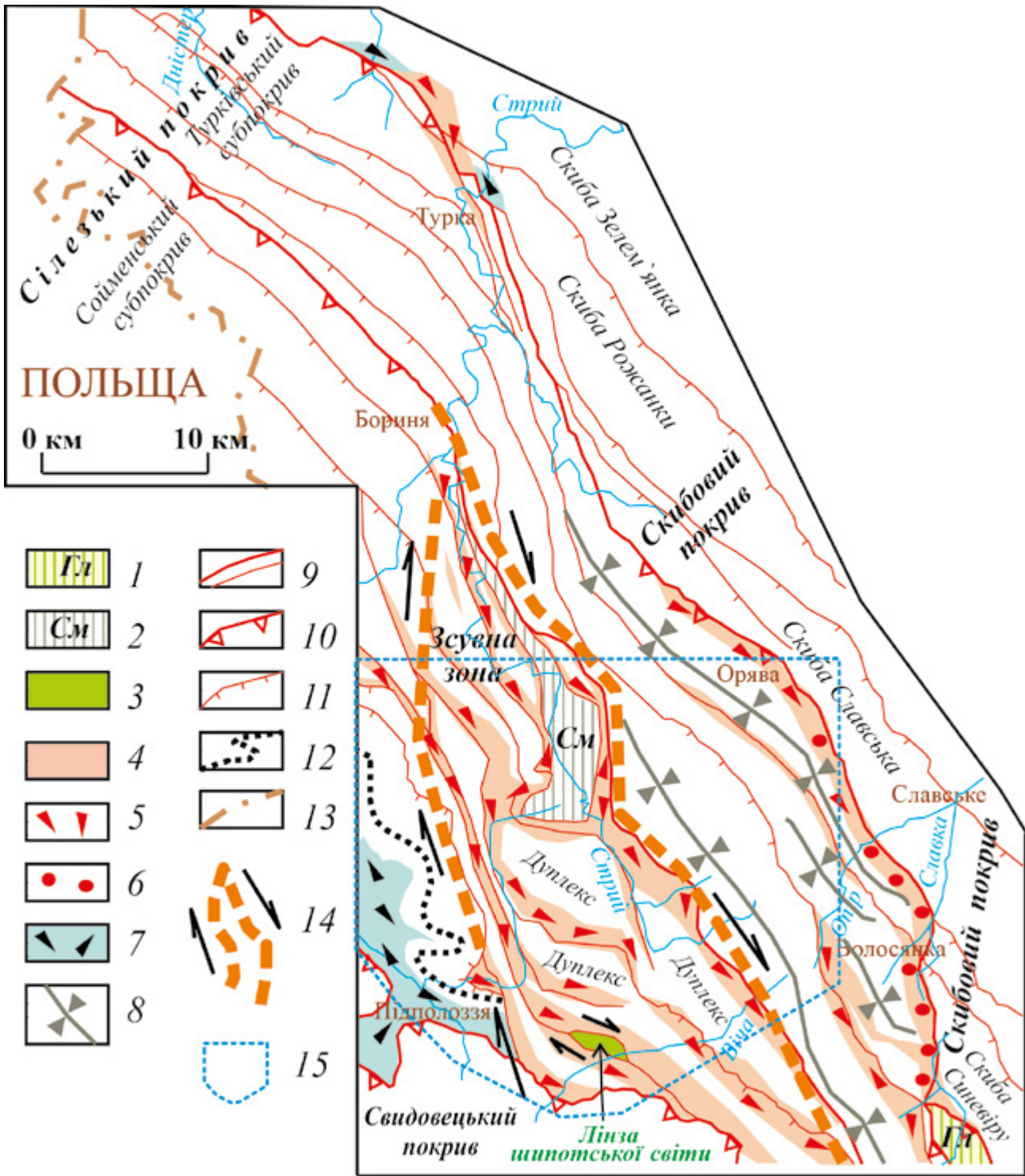


Рис. 11. Положення тектонічної лінзи шипотської світи в структурі Латорицько-Стрийської зсувної зони: 1 – Голятинська структура Субсілезького покриву; 2–4 – елементи Сілезького покриву: 2 – структура Сможе, 3 – крейдові відклади шипотської світи в тектонічній лінзі, 4 – зони розвитку тектонічних брекчій, меланжу, інтенсивної складчастості; 5 – деформації крихкого типу; 6 – деформації пластичного типу; 7 – волос'янківська олістострома; 8 – осі синкліналей; 9 – розломи; 10 – насуви покривів, субпокривів; 11 – другорядні насуви; 12 – вісь хребта, складеного пікуйськими пісковиками кросненської світи; 13 – державний кордон; 14 – контури Латорицько-Стрийської зсувної зони та напрямки зсувних переміщень; 15 – місцезнаходження геологічної карти, зображеної на рис. 3

Fig. 11. The position of the tectonic lens of the Shypot Formation in the strike-slip Latorytsa-Stryi Zone: 1 – Holyatyn Structure of the Subsilesian Nappe; 2–4 – Silesian Nappe elements: 2 – Smozhe Structure, 3 – Cretaceous deposits of the Shypot Formation in the tectonic lens, 4 – zones of development of tectonic breccias, melange, intensive folding; 5 – brittle-type deformations; 6 – ductile-type deformations; 7 – Volosyanka Olistostrome; 8 – syncline axes; 9 – faults; 10 – thrusts of nappes and sub-nappes; 11 – secondary thrusts; 12 – the axis of the ridge composed of the Pikuy Sandstone of the Krosno Formation; 13 – state border; 14 – contours of the strike-slip Latorytsa-Stryi Zone and directions of strike-slip movements; 15 – the location of the geological map shown in Fig. 3

Описана вище тектонічна лінза крейдових порід шипотської світи серед олігоценового флішу, яка розвинена в Латорицько-Стрийській зсувній зоні в районі м. Воловець, може бути тілом, витисненим знизу завдяки зусиллям транспресивного характеру (стиск та зсув). Такі напруження реставруються нашими безпосередніми структурними спостереженнями на контакті цієї лінзи (див. рис. 7–10), а також (за формою дуплексів) – на всій ділянці Латорицько-Стрийської зони. Тобто ця лінза може бути «позитивною квітковою структурою» (англ. «positive flower structure»), яка часто розвивається в зсувних транспресивних зонах (Woodcock, Fisher, 1986). У таких структурах на поверхню витискаються глибинні горизонти гірських порід. Як зазначалось, на контакті тектонічної лінзи розвинена зона меланжу, в якій наявні невеликі брили склистих пісковиків, найвірогідніше шипотської світи, поміщені в глинистий матрикс з субвертикальною фоліацією. Варто зазначити, що така фоліація притаманна меланжам діапирового типу (Festa et al., 2019). Це дозволяє припустити, що невеликі брили шипотських пісковиків були винесені догори разом з пластичним матриксом унаслідок діапіризму. Подібні процеси, вірогідно, призвели і підйом крупної лінзи шипотських пісковиків до рівня олігоценового флішу.

Зауважимо, що реконструйоване нами поле напружень стиснення, перпендикулярне до простягання карпатських насувів, може віддзеркалювати регіональний процес формування карпатського субдукційно-колізійного орогену, а зсувні переміщення можуть бути наслідком поворотів терейнів Алькапа та Тиса-Дакія (Csontos, Vörös, 2004 і посилання там) у тилевій частині орогену.

Вірогідним також є припущення, що шипотська світа формувала ядро антиклінальної складки, крила якої, виповнені верхньокрейдowymi та палеогеновими відкладами, були зміщені далеко вбік від ядра при зсувних переміщеннях. При таких зміщеннях крил ядро перетворилося в лінзу нижньокрейдových порід, до якої тектонічно по зсувах прилягали олігоценові відклади.

В той же час варто зазначити, що в зоні описаного контакту, як і в інших районах, що облямовують лінзу шипотської світи в районі м. Воловець, нами фіксувались тільки тектонічні деформації. Тут не були виявлені підводно-зсувні струк-

тури чи відклади мулисто-уламкових потоків, які б свідчили про гравітаційно-зсувний характер деформацій. Тому точка зору деяких попередніх дослідників (Геологическая..., 1977; Державна..., 2003) про те, що лінза шипотської світи є олістолітом в олігоценовому фліші, нам видається маловірогідною. Форма цієї лінзи, як і вертикальна орієнтація осадових шарів, шарнірів складок та тектонічної фоліації на контакті лінзи, а також загалом домінування зсувного характеру переміщень, свідчать і проти припущення про віднесення шипотської світи до алохтонного останця тектонічного покриву.

Таким чином, наші геологічні спостереження дозволяють стверджувати, що нижньокрейдові, збагачені органічною речовиною відклади шипотської світи, які є потенційно нафтогазогенуючими, розміщені на деякій глибині в структурах Сілезького покриву (а не є останцями Дуклянського покриву чи олістолітами). Очевидно, що вони могли бути додатковим значним джерелом вуглеводнів у межах такого давнього нафтовидобувного району, як Сілезький покрив.

Висновки

Крейдові відклади шипотської світи, відслонені в басейні р. Віча поблизу м. Воловець серед суцільного поля олігоценового флішу, входять до складу стратиграфічного розрізу утворень Сілезького покриву, а не є крупним олістолітом чи алохтонним тектонічним останцем іншого більш внутрішнього покриву. Вони формують велику (1 × 3 км) субвертикальну тектонічну лінзу.

Породи шипотської світи тут представлені середньоритмічним флішем – шарами пісковиків потужністю до 0,5–1 м, які чергуються з менш потужними пропластками темно-сірих та чорних листуватих аргілітів (чорних сланців). Вони є літифікованими продуктами турбідитних потоків середньої густини та геміпелагічного осадження глинистого матеріалу зі значною кількістю органічної речовини.

В зоні контакту тектонічної лінзи з навколишніми утвореннями породи інтенсивно деформовані, спостерігаються практично ізоклінальні складки з субвертикальними шарнірами та осьовими поверхнями, які свідчать про зсувний характер переміщень. Тут фіксується тектонічний меланж, який представлений невеликими брилами (кластолітами) жорстких пісковиків, іноді шипотського вигляду, поміщених в «калеврито-пе-

літовий» матрикс. Фоліація матриксу меланжу також субвертикальна і близька до меридіонального і/чи субкарпатського напрямку.

Проведені структурні дослідження свідчать, що в зоні тектонічного контакту тектонічної лінзи крейдових порід шипотської світи з олігоценовим флішем існували напруження стиску, перпендикулярні до простягання Карпат, та поля напружень, що викликали зсувні переміщення, найвірогідніше правобічні, вздовж простягання Карпат. Вірогідно, поле напружень стиснення, перпендикулярне до простягання карпатських насувів, віддзеркалює регіональний процес формування карпатського субдукційно-колізійного орогену, а зсувні переміщення можуть бути наслідком обертання терейнів Алькапа та Тиса-Дакія в тилівій частині орогену.

Тектонічна лінза локалізується в межах широкої Латорицько-Стрийської зсувної зони. Вона, вірогідно, витиснена знизу рухами транспресивного характеру (стиск та зсув) і формує

«позитивну квіткову структуру» (англ. «positive flower structure»). Такі структури часто наявні в зсувних зонах. Вертикальна фоліація в навколишньому меланжі дозволяє допустити, що брили шипотських пісковиків були винесені догори разом з пластичним матриксом унаслідок діапіризму. Подібні процеси, мабуть, призвели і до підйому крупної лінзи шипотських пісковиків.

Отже, проведені дослідження свідчать, що нижньокрейдіві, збагачені органічною речовиною чорносланцеві відклади шипотської світи поширені на деякій глибині в межах Сілезького покриву, а також місцями витиснені до рівня олігоценового флішу, з яким зараз безпосередньо контактують по розломах/меланжевих зонах. Наявність нижньокрейдових потенційно нафтогазогенеруючих чорносланцевих відкладів у межах Сілезького покриву значно підвищує перспективність району поширення цього покриву.

В статті представлені результати вивчення структурної позиції та поширення потенційно нафтогенеруючих збагачених органікою нижньокрейдових чорносланцевих відкладів шипотської світи, розвинених у межах Сілезького покриву, з використанням методів геологічного картування та структурного аналізу. Встановлено, що ці відклади, які відслонені в басейні р. Віча поблизу м. Воловець серед суцільного поля олігоценового флішу, входять до складу стратиграфічного розрізу утворень Сілезького покриву, а не є крупним олістолітом чи алохтонним тектонічним останцем іншого більш внутрішнього покриву. Вони формують велику (1 × 3 км) субвертикальну тектонічну лінзу піскуватого флішу шипотської світи, в зоні контакту якої з навколишніми породами фіксується тектонічний меланж з невеликими брилами шипотських пісковиків та субвертикальною фоліацією матриксу. Проведені структурні дослідження свідчать, що в зоні цього контакту існували напруження стиску, перпендикулярні до простягання Карпат, та поля напружень, що викликали зсувні переміщення, найвірогідніше правобічні, вздовж простягання Карпат. Тектонічна лінза локалізується в межах широкої Латорицько-Стрийської зсувної зони. Вона, вірогідно, витиснена знизу рухами транспресивного характеру (стиск та зсув) і формує «позитивну квіткову структуру» (англ. «positive flower structure»). Вертикальна фоліація в навколишньому меланжі дозволяє допустити, що невеликі брили шипотських пісковиків були винесені догори разом з пластичним матриксом при діапіризмі. Подібні процеси, мабуть, призвели і до підйому крупної лінзи шипотських пісковиків.

Проведені дослідження свідчать, що збагачені органічною речовиною чорносланцеві відклади шипотської світи поширені на деякій глибині в межах Сілезького покриву і місцями витиснені вгору до рівня олігоценового флішу, з яким зараз безпосередньо контактують по розломах/меланжевих зонах. Наявність нижньокрейдових потенційно нафтогазогенеруючих чорносланцевих відкладів у межах Сілезького покриву значно підвищує його вуглеводневу перспективність.

Список літератури

- Вялов О.С., Гавура С.П., Даныш В.В., Лемишко О.Д., Лещух Р.И., Пономарева Л.Д., Романив А.М., Смирнов С.Е., Смолинская Н.И., Царненко П.Н. Стратотипы меловых и палеогеновых отложений Украинских Карпат. Киев: Наукова думка, 1988. 204 с.
- Вялов О.С., Андреева-Григорович А.С., Гавура С.П., Дабагян Н.В., Даныш В.В., Кульчицкий Я.О., Лещух Р.И., Лозиняк П.Ю., Петрашкевич М.И., Пономарева Л.Д., Романив А.М., Царненко П.Н. Объяснительная записка к региональной стратиграфической схеме меловых отложений Украинских Карпат. Львов, 1989. 51 с. (Препр. / АН УССР. Ин-т геологии и геохимии горючих ископаемых).
- Габинет М.П., Кульчицкий Я.О., Матковский О.И. Геология и полезные ископаемые Украинских Карпат. Киев: Вышш. шк., 1976. Ч. 1. 200 с.
- Геологическая карта Украинских Карпат и прилегающих прогибов, масштаб 1:200 000: Шакин В.А. (ред.). Киев: Мингео УССР, 1976.
- Геологическое строение и горючие ископаемые Украинских Карпат: Глушко В.В., Круглов С.С. (ред.). Москва: Недра, 1971. 389 с.
- Гинтов О.Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. Киев: Феникс, 2005. 572 с.
- Гнилко О.М., Генералова Л.В. Тектоно-седиментационная эволюция Предмармарошской аккреционной призмы Украинских Карпат. *Вестн. СПбГУ. Сер. 7. Геология. География*. 2014. Вып. 2. С. 5–23.
- Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000: Кузовенко В.В. (ред.). Карпатська серія. Аркуш «Сніна». Київ: УкрДГРІ, 2003.
- История геологического развития Украинских Карпат: Вялов О.С. (ред.). Киев: Наукова думка, 1981. 180 с.
- Круглов С.С. Геологія України. Т. 3. Геологія і металогенія Українських Карпат. Звіт про науково-дослідну роботу вивчення геологічної будови України. Тема 971. Київ: УкрДГРІ, 2009.
- Кузовенко В.В., Шлапінський В.Є., Михайловський І.З. Про вік порід, що складають ядрну частину Голятинської антиклиналі. Біостратиграфічні критерії розчленування та кореляції відкладів фанерозою України. *Зб. наук. пр. ІГН НАН України*. Київ: ІГН НАН України, 2005. С. 111–113.
- Крупський Ю.З., Куровець І.М., Сеньковський Ю.М., Михайлов В.А., Чепіль П.М., Дригант Д.М., Шлапінський В.Є., Колтун Ю.В., Чепіль В.П., Куровець С.С., Бодлак В.П. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. Західний нафтогазоносний регіон. Київ: Ніка-Центр, 2014. 400 с.
- Маслакова Н.И. Новые данные по стратиграфии верхнемеловых отложений Черногогорской зоны Восточных Карпат. *Вестн. Моск. ун-та. Сер. геол.* 1965. № 2. С. 3–20.
- Маслакова Н.И. Глоботрунканиды и их стратиграфическое значение для верхнемеловых отложений Крыма, Кавказа и Советских Карпат: автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. Москва, 1967. 40 с.
- Муровська А., Амашукелі Т., Альохін В. Поля напружень та деформаційні режими в межах української частини Східних Карпат за тектонофізичними даними. *Геофіз. журн.* 2019. № 2. С. 84–98. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i2.2019.164455>
- Стратиграфические схемы фанерозою и докембрия Украины. Стратиграфическая схема фанерозойских образований Украины для геологических карт нового поколения. Графические приложения. Киев, 1993.
- Стратиграфія верхнього протерозою та фанерозою України: у 2-х т. Т. 1. Стратиграфія верхнього протерозою, палеозою та мезозою України: Гожик П.Ф. (гол. ред.). Київ: Логос, 2013. 637 с.
- Тектоническая карта Украинских Карпат масштаба 1:200 000: Глушко В.В., Круглов С.С. (ред.). Киев: Мингео УССР, 1986.
- Csontos L., Vörös A. Mesozoic plate tectonic reconstruction of the Carpathian region. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Elsevier, 2004. Iss. 210. P. 1–56.
- Curtis J.B., Kotarba M.J., Lewan M.D., Wiecek D. Oil/source correlations in the Polish Flysch Carpathians and Mesozoic basement and organic facies of the Oligocene Menilite Shales: insights from hydrous pyrolysis experiments. *Organic Geochemistry*. 2004. Iss. 35. P. 1573–1596.
- Devlaux D., Sperner B. New aspects of tectonic stress inversion with reference to the TENSOR program. New insights into Structural interpretation and Modelling. *Geological Society. London: Special Publications*. 2003. Vol. 212. P. 75–100.
- Festa A., Pini G.A., Ogata K., Dilek Y. Diagnostic features and field-criteria in recognition of tectonic, sedimentary and diapiric mélanges in orogenic belts and exhumed subduction-accretion complexes. *Gondwana Research*. 2019. Iss. 74. P. 11–34.
- Hnylko O., Hnylko S. Geological environments forming the Eocene black-shale formation of the Silesian Nappe (Ukrainian Carpathians). *Geodynamics*. 2019. Iss. 1 (26). P. 61–68. <https://doi.org/10.23939/jgd2019.01.060>
- Kováč M., Plašienka D., Soták J., Vojtko R., Oszczytko N., Less G., Čosovič V., Fügenschuh B., Králiková S. Paleogene palaeogeography and basin evolution of the Western Carpathians, Northern Pannonian domain and adjoining areas. *Global and Planetary Change*. 2016. Iss. 140. P. 9–27.
- Kotarba M.J., Curtis J.B., Lewan M.D. Comparison of natural gases accumulated in Oligocene strata with hydrous pyrolysis from Menilite Shales of the Polish Outer Carpathians. *Organic Geochemistry*. 2009. Iss. 40. P. 769–783.
- Oszczytko N. Late Jurassic-Miocene evolution of the Outer Carpathian fold-and-thrust belt and its foredeep basin (Western Carpathians, Poland). *Geological Quarterly*. 2006. Iss. 50 (1). P. 169–194.
- Roller K., Trepmann C. Stereo 32. 2011. Germany: Bochum.
- Picha F.J., Golonka J. (Eds.). Carpathian and their foreland: Geology and hydrocarbon resources. *AAPG Memory*. 2005. Vol. 84. P. 1–848.
- Sachsenhofer R.F., Koltun Y.V. Black shales in Ukraine – A review. *Marine and Petroleum Geology*. 2012. Vol. 31. P. 125–136. [Doi: 10.1016/j.marpetgeo.2011.08.016](https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2011.08.016)
- Schmid S.M., Fügenschuh B., Kounov A., Matenco L., Niev-ergelt P., Oberhansli R., Pleuger J., Schefer S., Schuster R., Tomljenovic B., Ustaszewski K., van Hinsbergen D.J.J. Tectonic units of the Alpine collision zone between Eastern Alps and western Turkey. *Gondwana Research*. 2020. Iss. 78. P. 308–374.
- Woodcock N.H., Fischer M. Strike-slip duplexes. *Journal of Structural Geology*. 1986. Vol. 8, iss. 7. P. 725–735.

References

- Csontos L., Vörös A. 2004. Mesozoic plate tectonic reconstruction of the Carpathian region. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Elsevier, 210: 1–56.
- Curtis J.B., Kotarba M.J., Lewan M.D., Wiecek D. 2004. Oil. Source correlations in the Polish Flysch Carpathians and Mesozoic basement and organic facies of the Oligocene Menilite Shales: insights from hydrous pyrolysis experiments. *Organic Geochemistry*, 35: 1573–1596.
- Devlaux D., Sperner B. 2003. New aspects of tectonic stress inversion with reference to the TENSOR program. New insights into Structural interpretation and Modelling. *Geological Society. London: Special Publications*, 212: 75–100.
- Festa A., Pini G.A., Ogata K., Dilek Y. 2019. Diagnostic features and field-criteria in recognition of tectonic, sedimentary and diapiric mélanges in orogenic belts and exhumed subduction-accretion complexes. *Gondwana Research*, 74: 11–34.
- Gabinet M.P., Kulchytskyi Y.O., Matkovsky O.I. 1976. Geology and minerals of the Ukrainian Carpathians. Kyiv: Higher School. Part 1 (in Russian).

- Gintov O.B. 2005. Field tectonophysics and its application in the study of deformations of the crust of Ukraine. Kyiv: Fenix (in Russian).
- Glushko V.V., Kruglov S.S. (Eds.). 1971. Geological structure and combustible minerals of the Ukrainian Carpathians. Moscow: Nedra (in Russian).
- Glushko V.V., Kruglov S.S. (Eds.). 1986. Tectonic map of the Ukrainian Carpathians on a scale of 1:200,000: Kyiv: Mingeo USSR (in Russian).
- Gozhyk P.F. (Ed.). 2013. Stratigraphy of the Upper Proterozoic and Phanerozoic of Ukraine: in 2 vols. Vol. 1. Stratigraphy of the Upper Proterozoic, Paleozoic and Mesozoic of Ukraine. Kyiv: Lohos (in Ukrainian).
- Hnylko O., Hnylko S. 2019. Geological environments forming the Eocene black-shale formation of the Silesian Nappe (Ukrainian Carpathians). *Geodynamics*, 1 (26): 61–68. <https://doi.org/10.23939/jgd2019.01.060>
- Hnylko O.M., Generalova L.V. 2014. Tectonic-sedimentary evolution of the Fore-Marmarosh accretionary prism of the Ukrainian Carpathians. *Vestnik of St.-Petersburg University. Series 7. Geology, Geography*, 2: 5–23 (in Russian with English summary).
- Kotarba M.J. 2009. Comparison of natural gases accumulated in Oligocene strata with hydrous pyrolysis from Menilite Shales of the Polish Outer Carpathians. *Organic Geochemistry*, 40: 769–783.
- Kováč M., Plašienka D., Soták J., Vojtko R., Oszczytko N., Less G., Čosović V., Fügenschuh B., Králiková S. 2016. Paleogene palaeogeography and basin evolution of the Western Carpathians, Northern Pannonian domain and adjoining areas. *Global and Planetary Change*, 140: 9–27
- Kruglov S.S. 2009. Geology of Ukraine. Vol. 3. Geology and metallogeny of the Ukrainian Carpathians. Report on research work on the study of the geological structure of Ukraine. Topic 971. Kyiv: Ukrainian State Geological Research Institute (in Ukrainian).
- Krupskiy Yu.Z., Kurovets I.M., Senkovskiy Yu.M., Mykhailov V.A., Chepil P.M., Drygant D.M., Shlapinskiy V.E., Koltun Yu.V., Chepil V. P., Kurovets S.S., Bodlak V.P. 2014. Unconventional sources of hydrocarbons of Ukraine. Western oil and gas region. Kyiv: Nika-Center (in Ukrainian).
- Kuzovenko V.V. (Ed.). 2003. State Geological Map of Ukraine. Scale 1:200,000. Geological map of Pre-Quaternary Sediments. Carpathian Series. Sheet “Snina”. Kyiv: Ukrainian State Geological Research Institute (in Ukrainian).
- Kuzovenko V.V., Shlapinskiy V.Ye., Mykhailovskiy I.Z. 2005. About the age of the rocks that make up the core part of the Holyatyn anticline. Biostratigraphic criteria for dismemberment and correlation of deposits of the Phanerozoic of Ukraine. *Zbirnyk naukovykh prats IGN NAS of Ukraine*, p. 111–113 (in Ukrainian).
- Maslakova N.I. 1965. New data on the stratigraphy of the Upper Cretaceous deposits of the Chornohora Zone of the Eastern Carpathians. *Bulletin of Moscow University. Geological series*, 2: 3–20 (in Russian).
- Maslakova N.I. 1967. Globotruncanids and their stratigraphic significance for the Upper Cretaceous deposits of the Crimea, the Caucasus and the Soviet Carpathians. Extended abstract of Doctor's thesis. Moscow (in Russian).
- Murovska A.V., Amashukeli T.A., & Alyokhin V. 2019. Stress fields and deformational regimes within the limits of the Ukrainian part of the East Carpathians according to tectonophysical data. *Geofizicheskyy Zhurnal*, 41 (2): 84–98 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i2.2019.164455>
- Oszczytko N. 2006. Late Jurassic-Miocene evolution of the Outer Carpathian fold-and-thrust belt and its foredeep basin (Western Carpathians, Poland). *Geological Quarterly*, 50 (1): 169–194.
- Picha F.J., Golonka J. (Eds.). 2005. Carpathian and their foreland: Geology and hydrocarbon resources *AAPG Memory*, 84: 1–848.
- Roller K., Trepmann C. 2011. Stereo 32. Germany: Bochum.
- Sachsenhofer R.F., Koltun Y.V. 2012. Black shales in Ukraine – A review. *Marine and Petroleum Geology*. 31: 125–136. [Doi: 10.1016/j.marpetgeo.2011.08.016](https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2011.08.016)
- Schmid S.M., Fügenschuh B., Kounov A., Matenco L., Nievergelt P., Oberhansli R., Pleuger J., Schefer S., Schuster R., Tomljenovic B., Ustaszewski K., van Hinsbergen D.J.J. 2020. Tectonic units of the Alpine collision zone between Eastern Alps and western Turkey. *Gondwana Research*, 78: 308–374.
- Shakin V.A. (Ed.). 1976. Geological map of the Ukrainian Carpathians and adjacent depressions, scale 1:200, 000. Kyiv: Mingeo USSR (in Russian).
- Stratigraphic schemes of the Phanerozoic and Precambrian of Ukraine. 1993. Phanerozoic Stratigraphic charts of the Ukraine for the new generation of geological maps. Graphic supplements. Kyiv (in Russian).
- Vialov O.S., Andreeva-Grigorovich A.S., Havura S.P., Dabahian N.V., Danysh V.V., Kulchitski Ya.O., Leshchukh R.Y., Loznyiak P.Yu., Petrashkevich M.I., Ponomarova L.D., Romaniv A.M., Tsarnenko P.N. 1989. Explanatory note to the regional stratigraphic scheme of Cretaceous deposits of the Ukrainian Carpathians. Lvov (in Russian).
- Vialov O.S., Havura S.P., Danysh V.V., Lemishko O.D., Leshchukh R.Y., Ponomarova L.D., Romaniv A.M., Smirnov S.Ye., Smolinskaia N.I., Tsarnenko P.N. 1988. Stratotypes of Cretaceous and Paleogene deposits of the Ukrainian Carpathians Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
- Vyalov O.S. (Ed.). 1981. History of the geological development of the Ukrainian Carpathians. Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
- Woodcock N.H., Fischer M. 1986. Strike-slip duplexes. *Journal of Structural Geology*, 8 (7): 725–735.

<https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.283657>

УДК 553.98:551.763

E-mail: vlash.ukr@gmail.com;
lazaruk_s@i.ua; itpopp@ukr.net;
galinah2404@gmail.com

*Corresponding author /
Автор для кореспонденції:
H.Ya. Havryshkiv, galinah2404@gmail.com

Received / Надійшла до редакції:
03.07.2023

Received in revised form /
Надійшла у ревізованій формі:
09.11.2023

Accepted / Прийнята:
26.01.2024

Keywords: Lower Cretaceous sandstones; reservoirs; Skyba Nappe; Dukla-Chornogora Nappe; prospects of oil and gas potential.

Ключові слова: нижньокрейдові пісковики; колектори; Скибовий покрив; Дуклянсько-Чорногорський покрив; нафтогазоносність.

Літолого-стратиграфічні особливості нижньо-крейдових відкладів Скибового і Дуклянсько-Чорногорського покривів Українських Карпат та перспективи їхньої нафтогазоносності

В.Є. Шлапінський, Я.Г. Лазарук, І.Т. Попп, Г.Я. Гавришків*

Інститут геології та геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна

Litho-stratigraphic features of the Lower Cretaceous deposits of the Skyba and Dukla-Chornogora nappes of the Ukrainian Carpathians and prospects for their oil and gas potential

V.Ye. Shlapinskiy, Ya.H. Lazaruk, I.T. Popp, H.Ya. Havryshkiv*

Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine

Lower Cretaceous sediments are widespread within the Skyba and Dukla-Chornogora Nappes (Spas and Shypot Formations) over a considerable area. These deposits contain sandstones that can be industrial reservoirs for hydrocarbons. Such sandstones are described both on the surface and identified in deep wells. Thick sandy strata in the middle part of the Spas and Shypot formations formed as deposits of gravity flows at the second level of avalanche sedimentation, at the foot of the continental slope of the northern continental margin of the Tethys Ocean. Their formation is correlated with global regression in Aptian time. Porous sandstones of the Spas formations are present on the surface in the areas of the villages of Tershiv and Busovysko. They sometimes form bundles up to 60 m thick. They are exposed in the Oryv and Berehiv Skybas by deep wells 1-Lugy, 1-Shevchenko, and 4-Maksymivka. During the drilling of the 1-Shevchenko well from a depth of 6,900 meters, a film of oil and gas continuously flowed into the drilling mud. According to the results of industrial and geophysical studies, the section of the Spas formations of the second (lower) scale in the interval of 6,940–7,520 m was recognized as the most promising in terms of oil and gas potential. Two promising objects in the intervals of 7020–7070 and 6945–6985 m were identified, the oil and gas saturation coefficients of which are 65–70%. Similar sandstones are noted in the Hoverla sub-Nappe of the Dukla-Chornogora Nappe along the Balzatul River and its tributaries (Bila Tysa River Basin) as part of the Shypot Formation. Sandstones with an open porosity of 8–12 % were identified in the 1-Hrynyava and 1-Semakiv wells in the deposits of the Shypot Formation of the Skupiv sub-Nappe according to the results of industrial-geophysical research. When testing them in the 1-Semakiv well, from the total interval of 473–569 m, they received inflows of combustible gas and light oil with flow rates of 3,000 m³/day and 2.64 m³/day, respectively. The analyzed materials testify to the prospects of the Spas and Shypot formations in relation to the discovery of industrial accumulations of hydrocarbons.

© Видавець Інститут геологічних наук НАН України, 2024. Стаття опублікована за умовами відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

© Publisher Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, 2024. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Цитування: Шлапінський В.Є., Лазарук Я.Г., Попп І.Т., Гавришків Г.Я. Літолого-стратиграфічні особливості нижньокрейдових відкладів Скибового і Дуклянсько-Чорногорського покривів Українських Карпат та перспективи їх нафтогазоносності. *Геологічний журнал*. 2024. № 1 (386). С. 62–80. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.283657>

Citation: Shlapinskiy V.Ye., Lazaruk Ya.H., Popp I.T., Havryshkiv H.Ya. 2024. Litho-stratigraphic features of the Lower Cretaceous deposits of the Skyba and Dukla-Chornogora nappes of the Ukrainian Carpathians and prospects for their oil and gas potential. *Geologichnij zhurnal*, 1 (386): 62–80. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.283657>

Вступ

Нижньокрейдові відклади поширені в межах Скибового і Дуклянсько-Чорногорського покривів на значній площі (спаська і шипотська світи). В їх складі місцями присутні пісковики, які можуть бути промисловими колекторами вуглеводнів. Такі пісковики визначені як на поверхні, так і в глибоких свердловинах. Пористі пісковики спаської світи присутні на поверхні поблизу сіл Тершів і Бусовисько, іноді утворюють пачки товщиною до 60 м. Вони розкриті в Орівській і Береговій скибах глибокими свердловинами 1-Луѓи, 1-Шевченкове та 4-Максимівка. При їх розкритті подекуди спостерігались інтенсивні прояви вуглеводнів. В свердловині 1-Шевченкове окремі пачки пісковиків у спаській світі потужністю 10–20 м мають відкриту пористість 13 % (Бандурович и др., 1977). Перспективність нижньокрейдових відкладів привернула увагу укладачів праці, присвяченій проблемі пошуків нафти і газу відкладів Карпат у глибокостанурених горизонтах (Обоснование..., 1977). Нещодавно співробітниками Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу була опублікована стаття, в якій обґрунтовувалася необхідність практичних заходів щодо реалізації ідеї про перспективність піщаних горизонтів спаської світи (Мончак та ін., 2010). В параметричній свердловині 1-Семаківська, закладеній в межах Скупівського субпокриву Дуклянсько-Чорногорського покриву, з нижньокрейдових пісковиків шипотської світи з інтервалу глибин 499–569 м у відкритому стовбурі отримано приплив горючого газу дебітом 3,0 тис. м³/добу. При випробуванні шипотських відкладів в експлуатаційній колоні в інтервалах 489–483 і 480–473 м одержано приплив нафти дебітом 2,64 м³/добу і газу 0,35 тис. м³/добу.

Нафтогазоносність нижньокрейдових відкладів Українських Карпат зумовлює актуальність їх детального седиментологічного і літогенетичного вивчення. Зокрема, в працях (Попп, Сеньковський, 2003; Сеньковський та ін., 2004, 2012, 2018; Попп та ін., 2019) розглядаються геолого-палеоокеанографічні і геохімічні умови теригенної і біогенної седиментації в Карпатському басейні, показано вплив евстатичних коливань рівня моря на формування потужних теригенних товщ, які є потенційними резервуарами вуглеводнів. Встановлено зв'язок нагромадження великих кількостей органічної речовини в досліджуваних нижньокрейдових відкладах з фазою океанічних безкисневих подій ОАЕ-1 в баремі-альбі,

яка, згідно з (Shlanger, Jenkyns, 1976; Jenkyns, 1980, 2010), мала глобальний характер. У наших працях (Попп, 2005; Попп та ін., 2022) також висвітлено вплив процесів літогенезу на формування колекторських властивостей порід з підвищеним вмістом розсіяної органічної речовини (РОР).

Мета роботи. Деталізація та уточнення особливостей стратиграфії, літології, тектонічного положення та колекторських властивостей пісковиків нижньої крейди у відкладах Скибового та Дуклянсько-Чорногорського покривів, які можуть бути резервуарами для вуглеводнів. Обґрунтування та характеристика перспективних ділянок і структур.

Методика дослідження – комплексний аналіз (доповнення, уточнення, деталізація) матеріалів геологічної зйомки, сейсмічних досліджень і бурових робіт на нафту і газ. Власні польові маршрутні спостереження проведено із застосуванням азимутальних ходів, коли зміни орієнтації русел потоків замірювали компасом. Це забезпечувало більшу точність при розрахунках товщин стратиграфічних комплексів. Проведені літологічні і мінералого-петрографічні дослідження дозволили проаналізувати вплив седиментологічних і літогенетичних факторів на формування колекторських властивостей порід.

Результати досліджень

Стратиграфія

Скибовий покрив

Нижня крейда. Спаська світа (К, sp).

Найдавніші породи, які складають розріз Скибового покриву, виділені у спаську світу М. Вацеком у 1881 р. (Вялов и др., 1988). На денній поверхні світа відслонюється у басейнах рік Дністер, Вирва і Стрий в лобових частинах скиб і окремих лусок у скибах Орівській, Сколівській і Парашки. Крім того, спаська світа була розкрита глибокими свердловинами 1-Луѓи, 1-Шевченкове та 4-Максимівка. Спаська світа поділяється на нижню і верхню підсвіти. У деяких розрізах поділ на підсвіти утруднений. Наприклад, поділ на підсвіти не простежується за даними маршруту № 41 (права притока р. Дністер на північ від с. Верхній Лужок). Нерозчленована спаська світа від підшови до покрівлі, товщина 265 м (до головницької світи), складена аргілітами чорними, кременистими некарбонатними з прошарками мергелів сидерито-доломітових і алевролітів темно-сірих (Кузовенко, Евтушко, 1985).

Темноколірні утворення спаської світи представлені чергуванням аргілітів чорних і темно-сірих, часто кременистих, некарбонатних з вицвітами ярозиту, а також алевролітів і пісковиків дрібнозернистих, темно-сірих, кременистих, склуватих, некарбонатних. Трапляються пласти сидеритових мергелів, кременів, зрідка гравелітів і конгломератів. У нижньоспаській підсвіті переважають аргіліти. Приблизно у середній частині світи поблизу сіл Тершів і Бусовисько з'являються пісковики, не подібні до типових кварцитовидних

пісковиків спаської світи. Найбільш повно вони представлені у притоці р. Дністер, другій лівій вище р. Лінінка (поблизу с. Бусовисько) у фронтальній частині скиби Парашки (рис. 1, 2).

За маршрутними спостереженнями В.В. Кузовенка (15.09.1989 р.), у розрізі товщиною близько 180 м чергуються глинисті і піщані пачки, складені аргілітами чорними, кременистими, товстоплитчастими, некарбонатними, з вицвітами ярозиту, алевролітами і пісковиками. Зрідка це м'які чорні аргіліти, майже глини, сильно карбонатні.

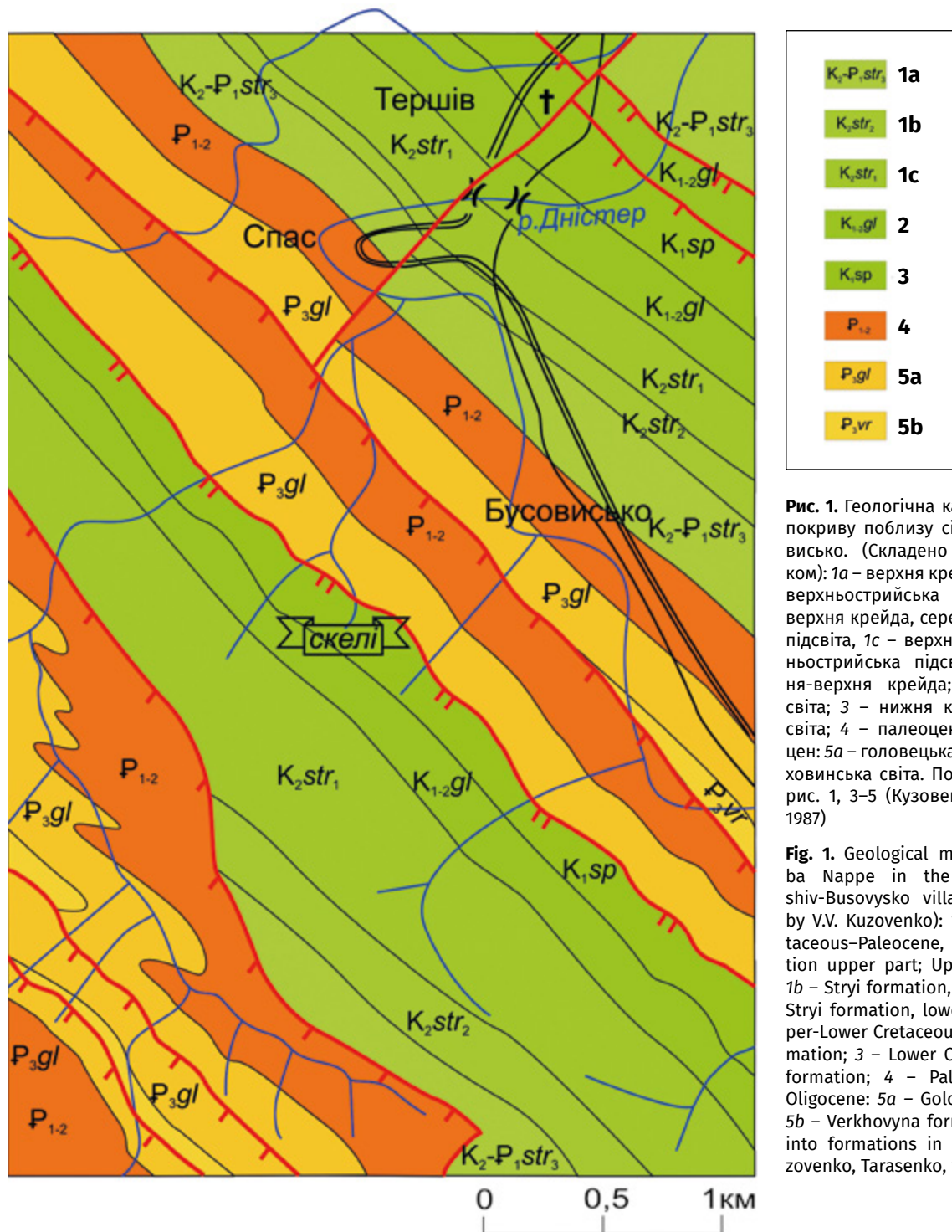


Рис. 1. Геологічна карта Скибового покриву поблизу сіл Тершів-Бусовисько. (Складено В.В. Кузовенком): 1a – верхня крейда-палеоцен, верхньострийська підсвіта; 1b – верхня крейда, середньострийська підсвіта; 1c – верхня крейда, нижньострийська підсвіта; 2 – нижня-верхня крейда; головнинська світа; 3 – нижня крейда, спаська світа; 4 – палеоцен-еоцен; олігоцен: 5a – головецька світа, 5b – верховинська світа. Поділ на світи на рис. 1, 3-5 (Кузовенко, Тарасенко, 1987)

Fig. 1. Geological map of the Skymba Nappe in the area of Tershiv-Busovysko villages. (Compiled by V.V. Kuzovenko): 1a – Upper Cretaceous-Paleocene, Stryi formation upper part; Upper Cretaceous: 1b – Stryi formation, middle part, 1c – Stryi formation, lower part; 2 – Upper-Lower Cretaceous, Golovnyyn formation; 3 – Lower Cretaceous, Spas formation; 4 – Paleocene-Eocene; Oligocene: 5a – Golovets formation, 5b – Verkhovyna formation. Division into formations in Fig. 1, 3-5 (Kuzovenko, Tarasenko, 1987)



Рис. 2. Скелі пісковиків спаської світи нижньої крейди (Тершівські, Спаські, Чортові або Соколі) біля с. Бусовисько. Фото В.В. Кузовенка, 1989 р.

Fig. 2. Sandstone rocks of the Lower Cretaceous Spas Formation (Tershiv, Spas, Chertov or Sokoli ones) near the village of Busovysko. Photo by V.V. Kuzovenko, 1989

Пісковики присутні у складі пачок чергування з аргілітами у вигляді окремих пакетів. Пісковики сірі і світло-сірі, при вивітрюванні бурувато-сірі, різнозернисті до гравелітів поліміктових, товстошаруватих і брилових, карбонатних і некарбонатних, слабо зцементованих, товщиною 0,4–5 м, а також пісковики темно-сірі, кварцитоподібні, дуже міцні, товщиною до 0,3 м. На 35 м вище від подошви описаного розрізу в пачці чергування цих порід відзначено декілька прошарків чорних кременів. Ближче до верхньої частини розрізу товстошаруваті пісковики в руслі потоку утворюють водоспад висотою близько 7 м. У цьому місці з лівого борту до потоку підступає комплекс скель, відомий під назвами Спаські, Чортові або Соколі. Територіально вони наближені до с. Бусовисько, тому їхня назва мала би відображати цю близькість. Подібні пісковики товщиною 0,5–2 м з прошарками чорних аргілітів простежуються за водоспадом ще на 46 м. Вище на протязі 56 м на бортах потоку фіксуються висипки чорних аргілітів, після чого відслонюється пачка плитчастих вапняків головнинської світи з прошарками зелених аргілітів.

У сусідній лівій притоці Дністра (першій вище р. Лінінка) у смузі шириною 285 м з перервами теж відслонюються аналогічні породи (маршрут В.Є. Шлапінського 16.09.1989 р.). Товщини світло-сірих пісковиків у цій притоці менші – до 2 м. У верхній частині спаської світи відслонюється пачка тонкоритмічного чергування аргілітів чорних кременистих, пісковиків кварцитовидних, мергелів сидеритових і зелених кременистих некарбонатних аргілітів товщиною 4 м, яка контактує з пачкою тонкоритмічного чергування вапняків сірих із зеленуватим відтінком з прошарками аргілітів зеленувато-сірих. На контакті пачок є декілька прошарків червоних аргілітів.

Ці дві пачки деякі дослідники відносять до верхньоспаської підсвіти. Якщо з цим висновком щодо нижньої пачки ще можна погодитись, то включати червоні аргіліти до їх складу не можна, бо вони формувались у різко відмінних, порівняно з чорними аргілітами, умовах. Їх варто відносити до залягаючої вище головнинської світи плитчастих вапняків і мергелів ($K_{1-2} gl$).

На південний схід від дністровського перетину у фронтальній частині Сколівської скиби на північ від с. Смільниця по р. Бистриця Підбузька В.В. Кузовенко у 1984 р. описав виходи спаської світи. Тут на відстані 267 м з перервами відслонюється тонкоритмічне чергування аргілітів чорних тонкорозшарованих, некарбонатних, кременистих та пісковиків і алевролітів чорних і темно-сірих дрібнозернистих, дуже міцних, іноді кварцитовидних, тонкоплитчастих. Зрідка присутні тонкі прошарки сидеритових мергелів. У низах описаного розрізу залягає пачка чергування цих порід з чорними (матовими) тонкоплитчастими кременями. Після невеликої перерви у відслоненості над породами спаської світи залягає пачка аргілітів зелених і червоних, а ще вище – вапняків головнинської світи. За наведеним описом тут спаську світу неможливо розподілити на підсвіти.

Вік спаської світи за знахідками органічних залишків датується пізнім баремом-альбом (Вялов и др., 1988).

Утворення спаської світи розкриті свердловинами 1-Луги, 1-Шевченкове та 4-Максимівка. В опорній свердловині 1-Луги відклади спаської світи Лолінської складки Берегової скиби присутні в інтервалі глибин 5469–5654 м. Виділені інтервали мало відрізняються у М.Я. Вуля (5487–5650 м) і В.С. Бурова (5469–5654 м) (Справа..., 1977; Обоснование..., 1977). У профільній свердловині

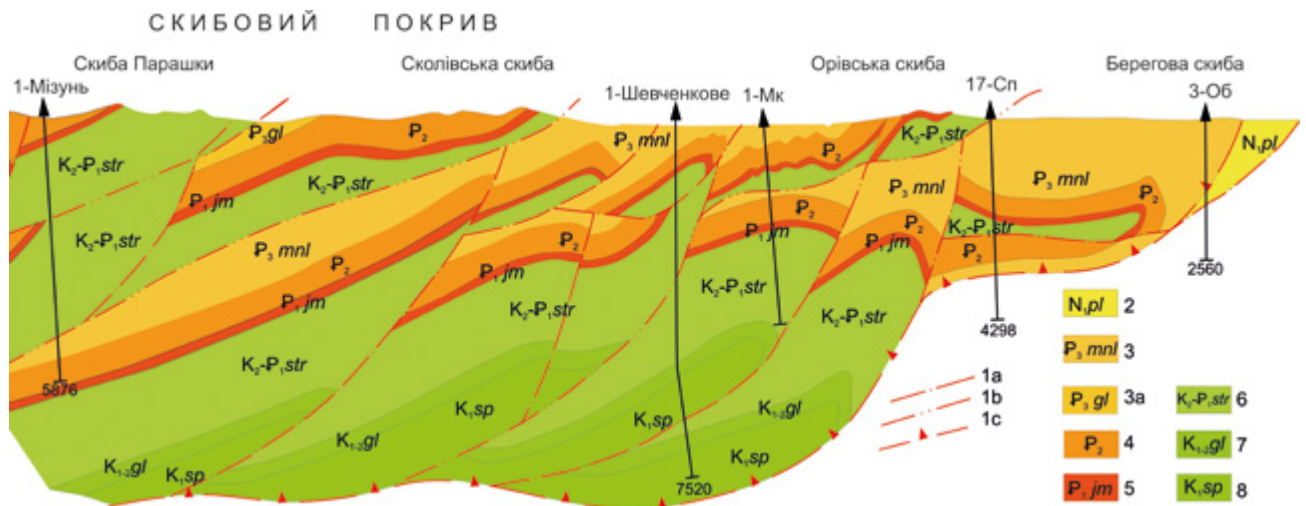


Рис. 3. Геологічний профіль по лінії свердловин 1-Мізунь-3-Оболонь. (Складено В.В. Кузовенком): Насуви: 1а – лусок, 1б – скиба, 1с – Скибового покриву; 2 – неоген, поляницька світа; 3 – олігоцен, менілітова світа; 3а – головецька світа; 4 – еоцен; 5 – палеоцен, яменська світа; 6 – верхня крейда-палеоцен, стрийська світа; 7 – крейда, головницька світа; 8 – нижня крейда, спаська світа

Fig. 3. Geological profile along the line of wells 1-Mizun-3-Obolon. (Compiled by V.V. Kuzovenko): Thrust of: 1a – scales, 1b – slices, 1c – Sky-ba nappe; 2 – Neogene, Polanitsa formation; 3 – Oligocene, Menilite formation; 3a – Golovets formation; 4 – Eocene; 5 – Paleocene, Yamna formation; 6 – Upper Cretaceous-Paleocene, Stryi formation; 7 – Cretaceous, Golovnyin formation; 8 – Lower Cretaceous, Shypot formation

1-Шевченкове спаська світа ідентифікована в Новошинській і Лолинській лусках Берегової скиби в інтервалах 5320–6240 і 6940–7520 м (рис. 3).

У розташованій неподалік свердловині 4-Максимівка спаська світа розкрита у фронтальній частині Новошинської луски в інтервалі 4110–4470 м. Профільна свердловина 1-Мізунь, пробурена в скибі Парашки в цьому ж перетині, розкрила під породами стрийської світи Сколівської скиби (нижче 4750 м) темноколірну товщу, представлену чергуванням аргілітів чорних з коричнюватим забарвленням, кременистих, некарбонатних, тонкошаруватих з прошарками пісковиків сірих, темно-сірих і чорних, дрібнозернистих, карбонатних і некарбонатних, дуже міцних, шаруватих. Зрідка в розрізі присутні вапняки темно-сірі з коричнюватим відтінком. З інтервалу 5218–5220 м піднято kern, представлений чорними кременями, коричневими вапняками і чорними аргілітами. Більшість геологів відносять цю товщу (4638–5330 м) до спаської світи (Обоснование..., 1977; Мончак та ін., 2010). На переконання В.В. Кузовенка (усне повідомлення), під насувом відкладів стрийської світи Сколівської скиби в інтервалі 4750–5230 м присутні темноколірні відклади менілітової світи олігоцену вже Орівської скиби, а під ними до вибою (5867 м) згідно залягають породи еоцену (див. рис. 3). На користь цієї точки зору свідчить відсутність у розрізі над темноколірною товщею строкатоколірної ілемкінської світи, яка перекриває спаську світу в розрізах свердло-

вин 1-Шевченкове і 1-Луѓи, а також відсутність мікрофауни ранньокрейдного віку. Товщини спаської світи в шевченківському перетині порівняно з розрізами у північно-західній частині Скибового покриву збільшені у 2-3 рази.

Дуклянсько-Чорногорський покрив

Шипотська світа (*K, sp*), апт-альб (Геологическое..., 1971) або барем-альб (Лещух, 1982; Вялов и др., 1988), виділена ще в минулому столітті австрійським геологом К. Паулем. Світа впевнено підтверджена у Ставнянському, Красношорсько-Говерлянському та Скупівському субпокривах Дуклянсько-Чорногорського покриву. Менш чітко її виділення у фронтальній частині Боржавської групи лусок і сумнівним є її присутність у Березнянському субпокриві поблизу сіл Чорноголова, Пастілки, Смерекова (Глушко та ін., 1999). Також наведені аргументи, які спростовують висновки про належність шипотських відкладів у басейнах рік Біла і Чорна Тиса до Свидовецької підзони. Насправді вони там розвинуті в межах Красношорсько-Говерлянського субпокриву (Глушко та ін., 1994).

Шипотська світа найбільше поширена на поверхні у північних лусках південно-східної частині Говерлянського субпокриву на кордоні з Румунією, де породи світи відомі під назвою «чорних сланців» або «верств Аудія». Румунські геологи розчленовують їх на три товщі: сферосидеритову, сланцеву (аргілітову) і піщану – глауконітові пісковики (Габинет и др., 1976).

Сферосидеритова товща складена ритмічним перешаруванням вапнистих пісковиків і аргілітів з прошарками мергелів і туфогенних утворень. Потужність товщі становить 400 м. Молодша сланцева товща (близько 350 м) представлена чорними, бітумінозними, подекуди кременистими аргілітами, пісковиками та мергелями. В її нижній частині відомі знахідки апт-нижньоальбських форамініфер. Завершує розріз комплексу «чорних аргілітів» порівняно малопотужна товща (80 м) склуватих глауконітових пісковиків з прошарками аргілітів. В останній час більшість геологів вважають цю товщу не молодшою за пізній альб, оскільки в перекриваючих їх «верствах Загона» знайдено враконського молюска (Габинет и др., 1976). Товща глауконітових пісковиків без сумніву відповідає верхньошипотській підсвіті Українських Карпат.

За літологічними ознаками шипотська світа ділиться на дві підсвіти: нижню, піщано-глинисту і верхню, переважно піщану (Геологическое..., 1971).

Нижньошипотська підсвіта (K_1sp_1)

Найбільш повний розріз підсвіти відслонюється по р. Чорний Черемощ, нижче гирла струмка Людовець. Найнижча ланка світи, яка відповідає сферосидеритовій товщі Румунських Карпат, на території України відсутня (Геологическое..., 1971). Перша з них потужністю 250 м складається з чергування темно-сірих, майже чорних, невапнистих, розсланцьованих аргілітів (0,5–1,0 м) з тонкими прошарками темно-сірих і сірих мергелів і вапняків. Подекуди спостерігаються прошарки темно-сірих до чорних вапнистих пісковиків та алевролітів з частими кальцитовими прожилками. Верхня піщано-глиниста товща (100–150 м) складається з чорних, тонкоплитчастих, переважно невапнистих аргілітів з іржаво-жовтими нальотами ярозиту, скременілими, іноді склуватими пісковиками (0,15–0,25 м). Кількість і товщина піщаних прошарків доверху поступово збільшуються, і нижньошипотські верстви поступово переходять в піщану товщу верхньошипотської підсвіти. В покрівельній частині нижньошипотської підсвіти простежується пачка (до 20 м) зливних пісковиків, чорних аргілітів та темно-сірих мергелів з поодинокими лінзовидними прошарками чорних силіцитів, яких З. Суйковський називав їх лідитами (Габинет и др., 1976). За фауною форамініфер вік нижньошипотської підсвіти визначається як барем-аптський (Вялов и др., 1988). Загальна потужність підсвіти коливається в межах 390–410 м (Геологическое..., 1971).

Верхньошипотська підсвіта (K_1sp_2)

У складі підсвіти домінують середньо- та грубошаруваті пісковики, скременілі, часто склуваті, які перешаровуються з пакетами (0,1–0,2 м) чорних та зеленуватих невапнистих аргілітів і алевролітів. У Скупівському субпокриві в низах верхньошипотської підсвіти подекуди спостерігаються поодинокі прошарки та лінзи лідитів, а в середній частині (басейн Білого Черемошу) трапляються кварцові гравеліти. У покрівельній частині підсвіти простежується пачка товщиною до 10 м тонкого перешарування зелених, темно-сірих до чорних алевролітів і аргілітів, подекуди з прошарками, за З. Суйковським, смугастих силіцитів (гези і спонголіти) (Геологическое..., 1971).

У двох південних лусках Говерляньсько-Красношорського субпокриву в басейні р. Бальзатул (притока р. Біла Тиса у верхній її течії) спостерігаються деякі відмінності в літологічному складі шипотського комплексу. По р. Бальзатул та її притоках до складу світи, крім чорних кременистих аргілітів та склуватих пісковиків, входять потужні (до 50–70 м) пакети, у складі яких присутні пісковики сірі, дрібно-середньозернисті, товстоплитчасті і масивні, слюдисті, товщиною до 3 м, які дещо нагадують пісковики верхньої крейди, проте, на відміну від останніх, вони некарбонатні. Ці пісковики мігрують у розрізі, знаходячись переважно в перехідній частині між верхньо- та нижньошипотською підсвітами. Подібна ситуація характерна і для спаської світи нижньої крейди Скибового покриву, яка є віковим і літологічним аналогом шипотської світи – там локально таке ж місце займають тершівські, інакше бусовиські пісковики. Вік цієї частини розрізу завдяки знахідці на поверхні пісковика по третій вище гаті р. Бальзатул, правій притоці однойменної ріки (за 320 м вище від устя) амоніту *Tetragonites duvilianus Orbigny* визначений як пізньоаптський-ранньоальбський (Царненко, Лещух, 1974). Крім нехарактерних для типової шипотської фації пісковиків, описаних вище, у розрізах нижньої крейди цієї ділянки Карпат знаходяться сірі та зеленуваті, подекуди вапнисті аргіліти, які разом зі слюдистими пісковиками об'єднуються у ритмічно збудовані пачки товщиною до 50 м.

Вік верхньошипотської підсвіти більшістю дослідників визначається як альбський (Вялов и др., 1988). Її потужність в Дуклянсько-Чорногорському покриві коливається в межах 150–200 м (Геологическое..., 1971).

У Лемківському сегменті (північно-західно-му секторі Карпат) шипотські відклади значно менш поширені, ніж у Гуцульському мегаблоці.

Шипотські відклади Ставнянського субпокриву на дві підсвіти не поділяються. Це нерозчленована товща, представлена чергуванням тих же порід, що і в традиційних розрізах, з додаванням сірих і темно-сірих середньозернистих пісковиків та сірих і темно-сірих аргілітів. Піщаної пачки у верхній частині тут немає, хоча малопотужні пачки склуватих пісковиків, таких характерних для типового верхнього «шипоту», присутні. Потужність нижньокрейдової товщі тут становить близько 400 м.

У передовій лусці Бачавсько-Боржавського субпокриву поблизу с.м.т. Воловець можливі шипотські відклади, представлені тонко- і середньоритмічним чергуванням аргілітів, пісковиків,

алевролітів і зрідка мергелів і аргілітів зелених (Кузовенко и др., 1977). Аргіліти чорні, темно- і зеленувато-сірі, невапнисті, нерідко кременисті з товщиною прошарків 0,1–1,0 м. Пісковики кварцові, дрібнозернисті та алевроліти чорні, темно-сірі, іноді кварцитовидні, дуже міцні, тонкошаруваті (до 0,2 м) з прожилками кварцу. Пісковики оліго- і поліміктові, середньо- і різнозернисті, невапнисті, слюдисті, міцні, товстошаруваті (0,5–1,2 м). Мергелі чорні, кременисті, міцні, з гострими ріжучими краями, тонкоплитчасті (0,05–0,2 м). У нижній частині товщі мергелі утворюють пачку потужністю 30–40 м. У верхній частині шипотських відкладів серед зеленувато-сірих аргілітів трапляються аргіліти зелені, невапнисті (0,05–0,1 м), а також тонкі прошарки чорних кременистих вапняків і кременів (до 0,05 м). Вік відкладів

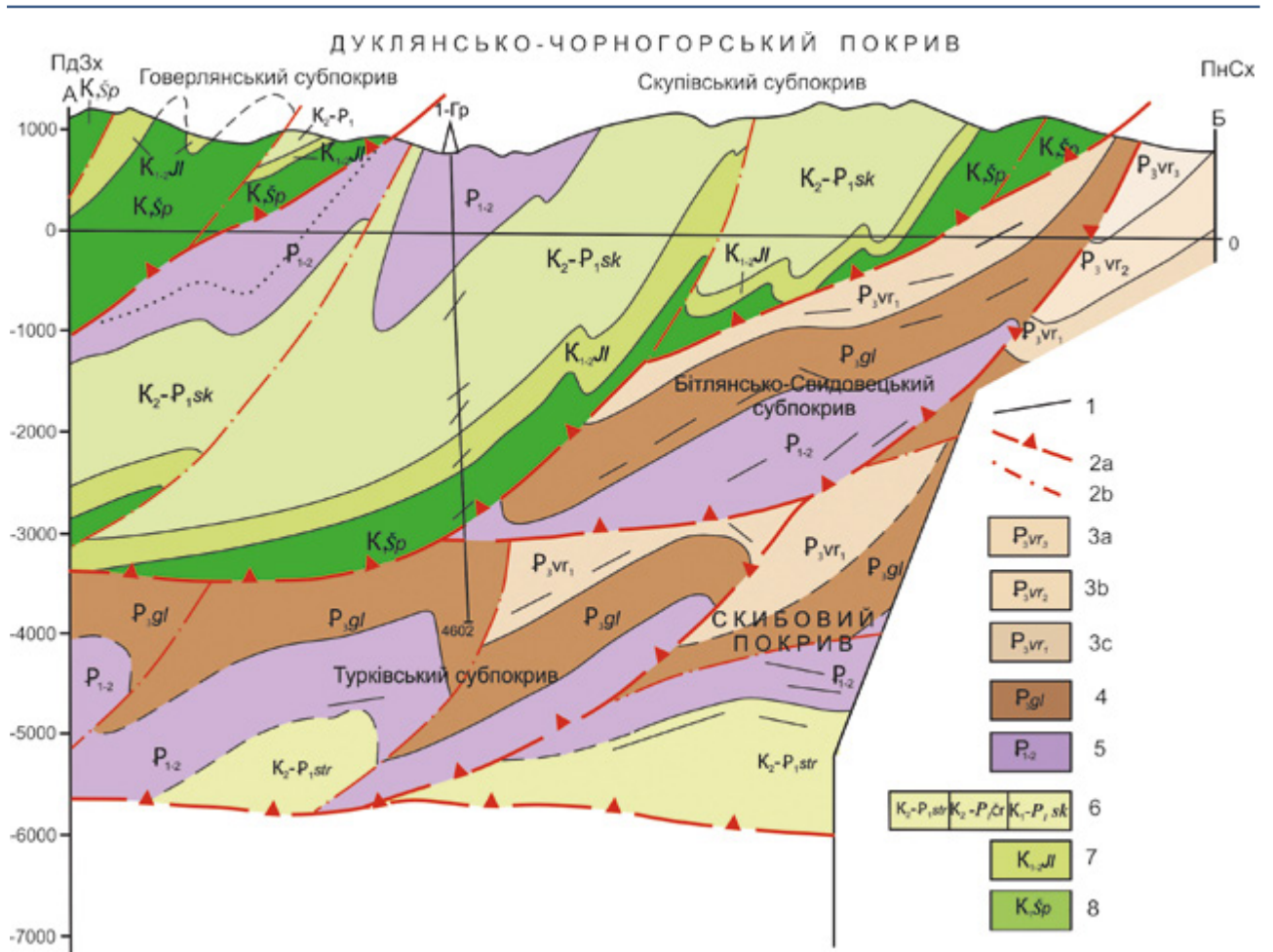


Рис. 4. Геологічний профіль через параметричну свердловину 1-Гринява. (Складено В.В. Кузовенком і В.Є. Шлапінським): 1 – відбиваючі сейсмічні горизонти; насуви: 2a – покривних одиниць, 2b – лусок; олігоцен: 3a – верхньоверховинська підсвіта, 3b – середньоверховинська підсвіта, 3c – нижньоверховинська підсвіта; 4 – олігоцен, головецька світа; 5 – палеоцен-еоцен; 6 – верхня крейда-палеоцен, стрійська, чорногорська, скупівська світи; 7 – крейда, яловецька світа; 8 – нижня крейда, шипотська світа

Fig. 4. Geological profile through the parametric well 1-Hrynyava. (Compiled by V.V. Kuzovenko and V.Ye. Shlapinskiy): 1 – reflective seismic horizons; thrust of: 2a – nappes units, 2b – the scales; Oligocene: 3a – Verkhovyna formation, upper part, 3b – Verkhovyna formation, intermediate part, 3c – Verkhovyna formation, lower part; 4 – Oligocene, Golovets formation; 5 – Paleocene-Eocene; 6 – Upper Cretaceous-Paleocene, Stryi, Chornogora, Skupiv formations; 7 – Cretaceous, Yalovets formation; 8 – Lower Cretaceous, Shypot formation

визначається мікрофауною вракону, знайденою В.М. Заволянською у самих верхах цього комплексу (Кузовенко и др., 1977). Видима потужність шипотських відкладів сягає тут близько 400 м. На геологічній карті УкрДГРІ 1976 р. масштабу 1:200 000 ця темноколірна пачка віднесена до нижньоберезнянської світи (Геологическая..., 1976).

До нижньокрейдових відкладів відносять звичайно і темноколірні породи, які відслонюються у південно-західній частині Березнянського субпокриву. Ці породи знаходяться в складних співвідношеннях з контактуючими з ними березнянськими верствами, бачавськими пісковиками, а місцями – зі строкатоколірними відкладами яловецької світи і породами палеоцену–еоцену. Шипотоподібна товща, як правило, на геологічних профілях та картах тут зображується у вигляді

вузьких лусок, відокремлених з усіх боків тектонічними порушеннями (Геологическая..., 1976). Складають її сірі, темно-сірі та чорні кременисті аргіліти з прошарками склуватих пісковиків. У розрізі присутні лінзи та прошарки сильно кременистих алевролітів та мергелів, майже кремєнів. Вік товщі не обґрунтований. Вік межуючих з шипотоподібними породами строкатоколірних відкладів поблизу с. Черногорола раніше визначався як сеноман-туронський. На цій підставі темноколірна пачка відносилася до нижньої крейди. Пізніше в лабораторії Тематичної партії ДП «Західургеологія» зі зразків, відібраних у 1992 р., палеонтолог З.Л. Чернуха ідентифікувала фауну палеоцену (Шлапінський та ін., 1994). Ці результати і ставлять під сумнів попередні висновки про ранньокрейдовий вік цих пачок.

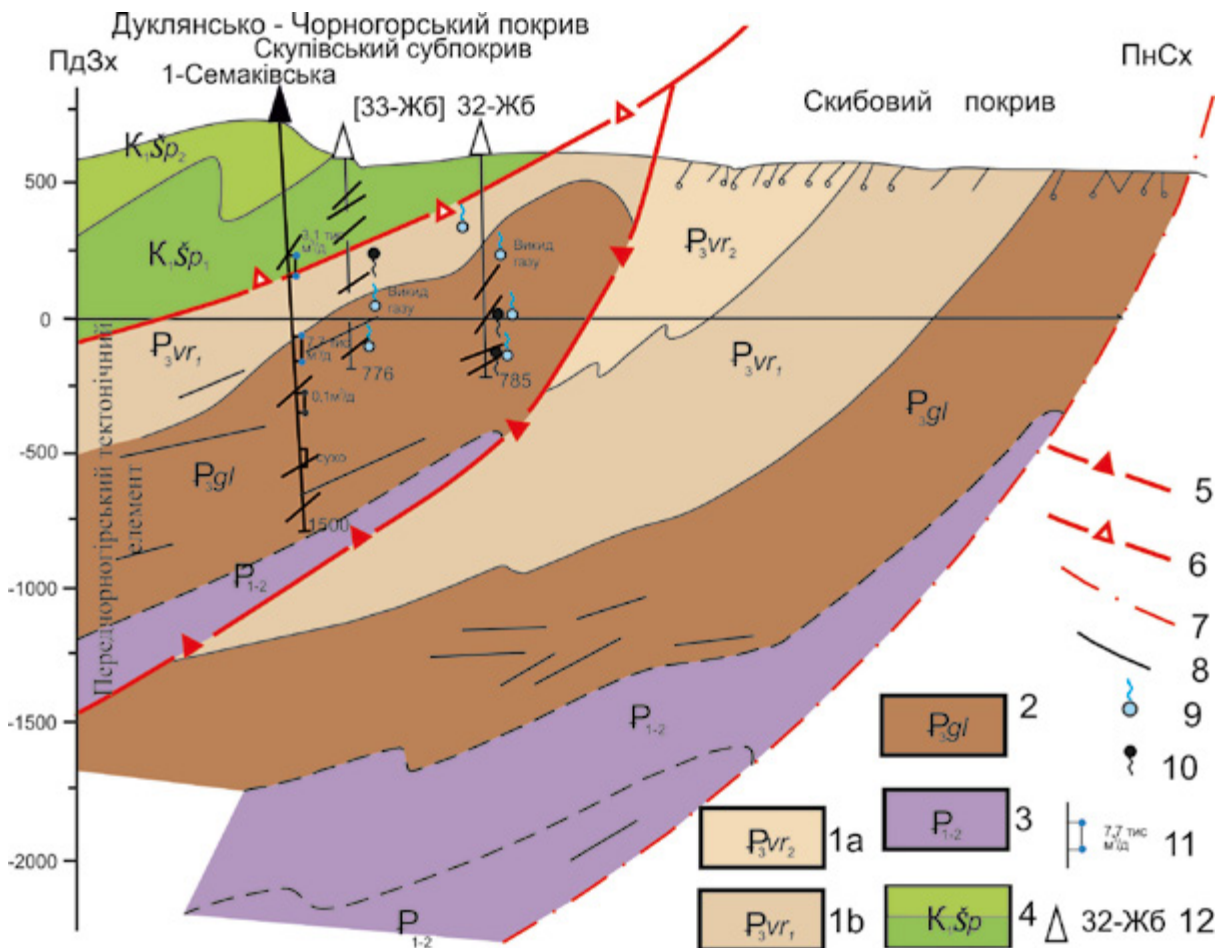


Рис. 5. Геологічний профіль через свердловину 1-Семаківська. (Складено В.В. Кузовенком і В.Є. Шлапінським): Олігоцен: 1а – середньоверховинська підсвіта, 1b – нижньоверховинська підсвіта; 2 – олігоцен, головецька світа; 3 – палеоцен–еоцен; 4 – нижня крейда, шипотська світа; насуви: 5 – Бітлянсько-Свидовецького субпокриву, 6 – Скупівського субпокриву, 7 – лусок; 8 – відбиваючі сейсмічні горизонти; 9 – прояви газу в свердловинах; 10 – прояви нафти в свердловинах; 11 – припливи газу в свердловинах; 12 – площа Жаб'є

Fig. 5. Geological profile through the well 1-Semakiv. (Compiled by V.V. Kuzovenko and V.Ye. Shlapinskyi): Oligocene: 1a – Verkhovyna formation, intermediate part, 1b – Verkhovyna formation, lower part; 2 – Oligocene, Golovets formation; 3 – Paleocene–Eocene; 4 – Lower Cretaceous, Shypot formation; 5 – thrust of Bitlya-Svidovets sub-nappes, 6 – thrust of Skupiv sub-nappes, 7 – thrust of the scales; 8 – reflective seismic horizons; 9 – gas producer hole; 10 – oil producer hole; 11 – gas discharge well stream; 12 – Zhabye Area

Шипотські відклади розкриті параметричними свердловинами 1-Гринява та 1-Семаківська з вибоями відповідно 4602 і 1500 м (рис. 4, 5). Перша з них, пробурена в палеоцен-еоценових відкладах другої від фронту луски Скупівського субпокриву поблизу однойменного села, розкрила під яловецькою світою нижньої-верхньої крейди в інтервалах відповідно 3114–3486 і 3486–3660 м відклади верхньо- і нижньошипотської підсвіт. У другій свердловині, розміщеній на відстані 8 км на північ від першої в передовій лусці Скупівського субпокриву, верхньошипотська підсвіта розкрита в інтервалі 4–236 м, а нижня – на глибинах 236–577 м.

Літолого-седиментологічна характеристика порід нижньої крейди

Головними літологічними типами порід вуглецьвмісних («чорносланцевих») відкладів барем-альбського віку Українських Карпат, віднесених до шипотської і спаської світ, є пісковики, алевроліти, чорні вуглецьвмісні аргіліти, кремєністі породи (силіцити), вапняки. Трапляються діагенетичні карбонатні, кремєністі і сульфідні конкреції. Літологія крейдових відкладів шипотської світи вивчалася ще Z. Sujkowski (Sujkowski, 1938). Мінералого-петрографічна, геохімічна, седиментологічна і літогенетична характеристики цих осадових утворень викладені в наукових працях (Габинет и др., 1976; Афанасьєва, 1983; Мороз, 2003; Сеньковський та ін., 2004, 2012, 2018; Гнилко та ін., 2021).

Однією з найважливіших характерних ознак порід шипотської і спаської світ є підвищений вміст POP (Сеньковський та ін., 2012; Koltun et al., 1998). Згідно з (Габинет и др., 1976; Габинет, 1985), вміст $C_{орг}$ у нижньокрейдних бітумінозних аргілітах становить 0,44–10,17 %, в алевролітах – 0,13–2,35 %, пісковиках – 0,12–1,99 %. Вміст FeS_2 в середньому сягає 1,39–1,74 %. Породи, збагачені POP, набувають коричневого, темно-коричневого або чорного забарвлення. В залежності від кількості POP під мікроскопом вони мають ясно- або темно-коричневий колір. В аргілітах органічна речовина або рівномірно, тонкодисперсно розсіяна по всій породі, або утворює видовжені (від 0,1 до 0,5 мм) по нашаруванню скупчення, а також проявляється у вигляді агрегатів бітумів різноманітної конфігурації. В алевролітах, як і в аргілітах, тонкодисперсна POP рівномірно розсіяна по всій породі, а також знаходиться у вигляді видовжених по нашаруванню (від 0,05 до 0,5 мм) скупчень.

У пісковиках тонкодисперсна POP також рівномірно розсіяна в породі або у вигляді включень виповнює у ній пустоти і тріщини.

Підвищений вміст POP і діагенетичного піриту в нижньокрейдних відкладах свідчить про те, що їх седименто- і діагенез відбувалися в безкисневих відновних умовах. Уверх по розрізу вони змінюються мергелістими породами головнинської світи і строкатими глинистими утвореннями ілемкінської та яловецької світ, які нагромаджувалися в окисній обстановці. В результаті польових спостережень встановлено, що чорні і темно-сірі аргіліти верхньошипотської підсвіти (альб) змінюються спочатку зеленими, а потім червоними аргілітами нижньояловецької підсвіти (турон). Не відмічається жодного випадку, щоб чорні або темно-сірі глинисті породи перешаровувалися з червоними. У відслоненнях спостерігається тільки чергування чорних аргілітів з темно-сірими і зеленими, або зелених з червоними. Це, на нашу думку, свідчить про зв'язок забарвлення порід з геохімічними умовами седиментації (переходом від відновних до окисних умов), а не з періодичним надходженням у басейн вулканогенного чи осадового матеріалу певного складу. Зі зміною окисно-відновного потенціалу (Eh) змінювався і речовинний склад різноманітних домішок в аргілітах та відповідно їх забарвлення. Описані літологічні особливості зони стратиграфічного контакту шипотської та яловецької світ підтверджуються даними Z. Sujkowski (Sujkowski, 1938), який ще в 1938 р. цілком обґрунтовано пов'язував седиментацію чорних вуглецьвмісних відкладів з дефіцитом кисню у морських водах басейну седиментації. Варто зазначити, що, згідно з (Malata, 1996), в Польських Карпатах верхню межу спаських відкладів розміщують там, де зелені аргіліти починають переважати над чорними в стратиграфічній колонці.

Потенційними породами-колекторами вуглеводнів у нафтогазоносних відкладах нижньої крейди насамперед є пісковики. В якості нетрадиційних колекторів тріщинуватого типу можуть виступати бітумінозні відміни глинистих, кремєністих, карбонатних порід (Попп та ін., 2019).

Середньо-, дрібнозерністі пісковики спаської і шипотської світ зазвичай утворюють прошарки потужністю від кількох сантиметрів до 1 м серед чорних аргілітів. Найбільш піщанистою в обох світах є середня частина розрізу (Вялов и др., 1988). Зокрема, нижня частина верхньоспаської

підсвіти (60 м) представлена масивними сірими і світло-сірими, іноді глауконітовими, середньо- або різнозернистими пісковиками (тершівськими або бусовиськими пісковиками), серед яких відмічаються ритмічні піскувато-глинисті пачки (1–2 м). На р. Дністер та її притоках тершівські пісковики (див. рис. 1) зазвичай присутні у всіх розрізах, але на самому північному заході української частини Скибової зони фаціально переходять в ритмічний піскувато-глинистий фліш, а біля м. Добромиль повністю випадають із розрізу. В нижньошипотській підсвіті уверх по розрізу виділяються дві товщі: глиниста і піскувато-глиниста. Нижня частина верхньошипотської підсвіти складена середньо- і грубошаруватими міцними кварцовими, зрідка глауконітовими пісковиками, що перешаровуються з малопотужними прошарками темно-сірих із зеленуватим відтінком аргілітів і алевролітів. Далі уверх по розрізу кількість пластів пісковиків зменшується. В середній частині підсвіти виділяється пачка середньоритмічного піщано-глинистого флішу, а у верхній – тонкоритмічного глинистого флішу.

Пісковики нижньоспаської підсвіти середньо-, дрібнозернисті, алевритові, кварцові. В кластичному матеріалі присутні уламки філітів. Трапляються лусочки мусковіту і рештки карбонатної фауни. Цемент (до 30 %) кальцитовий, місцями кременистий, поровий. У порах трапляються зерна глауконіту з мікротріщинами, вповненими кальцитом і піритом. У безцементних ділянках зерна кварцу з'єднані шляхом втискування і регенерації. Текстура пісковиків мікрошарувата. Пісковики верхньоспаської підсвіти середньо-, дрібнозернисті, кварцитоподібні, з кременистим цементом (понад 10 %), за рахунок якого іноді розвивається вторинний кальцит. В дрібнозернистих пісковиках спостерігається безцементне з'єднання зерен. В складі уламкового матеріалу крім кварцу з'являються уламки кварциту і вапняків, зерна калієвого польового шпату і глауконіту. Серед нижньокрейдових склоподібних пісковиків спостерігається тонке перешарування кременистих алевролітів з кременистими алевритовими аргілітами і кременистими породами (силіцитами). Порооди мають кварцитоподібний вигляд і темно-сіре до чорного забарвлення. Кластичний матеріал представлений кварцом (85 %) з незначною домішкою мусковіту (2 %). Криптокристалічний кременистий цемент алевролітів складає 10 %.

Варто зазначити, що, згідно з (Гуржий и др., 1983; Габинет, 1985), нижньокрейдові відклади навіть в умовах земної поверхні (зразки з відслонень) проявляють ознаки порід, які зазнали постседиментаційних перетворень зони глибинного катагенезу. В таких породах відбивна здатність вітриніту становить 8,5–10,6 %, а шаруваті силікати представлені гідрослюдою і хлоритом з незначною домішкою каолініту. На невеликих глибинах у глинистій фракції порід відзначаються змішаношаруваті силікати гідрослюда-монтморилоніт, де вміст останнього не перевищує 5 %. В глибоких горизонтах гідрослюда за структурою наближається до гідромусковіту. На глибинах 5,3–7,2 км (свердловина Шевченкове-1) в пісковиках розвинені конформні, інкорпораційні структури, починається перекристалізація пелітоморфного карбонатного цементу. Порооди тріщинуваті. Багато тріщин вповнені вторинним кристалічним кальцитом, кварцом і халцедоном, а також бітумом. У таких породах можна прогнозувати розвиток колекторів змішаного (порово-тріщинного, тріщинно-порового) і тріщинного типів. Згідно з (Хомин, 2004), у зразках тріщинуватих пісковиків спаської світи (7014–7022 м) із свердловини 1-Шевченкове у шліфах спостерігаються порові та тріщинно-кавернозно-порові колектори, в порожнинах яких знаходиться нафта.

Варто зазначити, що на території Польщі, де в складчастих Карпатах широко розвинені нижньокрейдові відклади, віднесені до спаської світи (Malata, 1996; Oszczyrko, 2006), до них приурочені невеликі родовища нафти. Породами-колекторами тут є різнозернисті глауконітові пісковики потужністю 3–10 м, які характеризуються пористістю 1–18 % і малою проникністю (Колодій та ін., 2004). Згідно з (Kruczek, 1992), у свердловинах Кузьміна-1, -2 у нижньокрейдових відкладах встановлена наявність кондиційних колекторів і присутність вуглеводневих розчинених газів у пластових водах.

Вуглецьвмісні скременілі аргіліти значно поширені в товщах спаської і шипотської світ, залягаючи у вигляді пачок потужністю до 1,5 м. Між пластами кварцитоподібних пісковиків спостерігаються прошарки потужністю 2–4 см кременистих алевритових аргілітів, складених криптозернистим кварцовим агрегатом і глинистою речовиною. Аргіліти мають бурувате і темно-бурувате до чорного забарвлення. Вони складені волокнистими і лускуватими глинистими

мінералами зі значною домішкою PO_4 , а також пелітоморфних карбонатів і аутигенного кремнезему (халцедону, кварцу). Асоціація глинистих мінералів представлена переважно гідрослюдою, хлоритом, меншою мірою монтморилонітом, каолінітом. Іноді відмічається домішка кальциту. В складі уламкового матеріалу переважає кварц (до 10 %), трапляються калієві польові шпати, плагіоклази, лейсти мусковіту, біотиту і хлориту, зерна глауконіту, вуглефікований детрит, уламки кварцитів, кременистих порід і змінених ефузівів. Присутні рештки кальцитових (форамініфери) і кременистих (радіолярії) організмів, аутигенні пірит і глауконіт, ромбодри вторинного доломіту. В аргілітах, що містять незначну кількість PO_4 , спостерігається крипто- і мікрокристалічна будова основної маси, яка реагує на поляризоване світло то з високим (вапнисто-глинистий матеріал), то з низьким (кременисто-глинистий матеріал) інтерференційним забарвленням. Окремі прошарки аргілітів містять незначну кількість (до 2–5 %) домішки алевритового матеріалу, представленого кварцом.

Кременисті породи (кремені, силіцити) в бітумінозних барем-альбських відкладах Українських Карпат представлені фтанітами (лідитами), спонголітами, гезами і конкреційними кременями. До контакту верхньо- і нижньошипотської підсвіт приурочений силіцитовий горизонт, складений прошарками фтанітів, які часто є видовженими лінзами довжиною кількисот метрів і потужністю до 10 см. Кількість прошарків фтанітів непостійна: в одних розрізах вони трапляються не часто, в інших їх кількість досягає 35–40. Сумарна їх потужність не перевищує 1,0–1,5 м. Малопотужні прошарки фтанітів наявні також серед чорних скременілих аргілітів верхньоспаської підсвіти. Серед чорних бітумінозних аргілітів шипотської світи часто розвинуті діагенетичні кременисті конкреції неправильної ізометричної форми розміром 5–20 см. Згідно з (Sujkowski, 1938; Габинет, 1985), у скременілих шипотських відкладах зрідка трапляються малопотужні прошарки спонголітів (приблизно 10 см), а до підосви пластів окварцованих склоподібних пісковиків приурочені прошарки гезів потужністю близько 3–6 см.

Нижньокрейдові фтаніти (криптобіогенні яшмоподібні силіцити, темно-сірого до чорного забарвлення, зумовленого підвищеним вмістом PO_4) відрізняються від олігоценних нижчим ступенем структурної впорядкованості породоу-

творюючого кремнезему, переважанням масивних текстур, порівняно вищим вмістом глинистої домішки і меншим – карбонатної. Кількість SiO_2 в них становить 69,70–92,34 %; Al_2O_3 – 0,89–11,49 %; CaO – 0,17–2,82 %; сульфідної сірки – до 0,58 %; $C_{орг}$ – 1–2 %. Серед основної криптокристалічної кварц-халцедонової маси нижньокрейдових фтанітів, середній показник заломлення якої дорівнює 1,536–1,539, значно частіше ніж в олігоценних трапляються численні скелетні рештки радіолярій, складені волокнистим халцедоном. На рентгендіфрактограмах тонкозернистої маси фтанітів чітко виділяються рефлекси кварцу (0,1533; 0,1659; 0,1665; 0,1812; 0,1967; 0,226; 0,244; 0,332; 0,42 нм). Інфрачервоні спектри породотворної речовини фтанітів характеризуються смугами поглинання, властивими кварцу (1170, 1090 дублетом 800–780, 695, 520 і 475 cm^{-1}). Незначна домішка опал-кристобаліту (опалу-СТ) у нижньокрейдових фтанітах встановлюється появою на ІЧ-спектрах слабоінтенсивних смуг 620 і 560 cm^{-1} , притаманних відповідно низькотемпературним α -кристобаліту та α -тридиміту, що характерно для силіцитів, складених халцедоном низької структурної упорядкованості. За даними растрової електронної мікроскопії в них проявляється агрегатно-глобулярна ультрамікроструктура.

В нижньокрейдових відкладах Скибової зони карбонатні породи розвинені в нижній частині нижньоспаської підсвіти, де вони представлені піщаними вапняками, які містять значну кількість черепашкового шламу і цілі органічні рештки (Афанасьєва, 1983). Це щільні, зливні, тонкоплитчасті породи, пронизані кальцитовими прожилками, складені крипто- і мікрокристалічним агрегатом кальциту, який пронизаний кременистою речовиною. Численні фауністичні рештки виповнені зернистим кальцитом, піритом або халцедоном. Кластична домішка (кварц, польові шпати, циркон, глауконіт) складає до 30 %. Піщанисті вапняки перешаровуються з темно-сірими мергелями, які мають реліктову органогенну структуру (черепашки форамініфер та інші фауністичні рештки, виповнені кальцитом і халцедоном). У підпорядкованій кількості в товщі нижньоспаської підсвіти розвинені скременілі вапняки. Породи складені крипто- і мікрозернистим кальцитом. В основній масі трапляються численні черепашки радіолярій, спікули губок та інший черепашковий шлам. В проміжках між скупченнями зерен кальциту

розвинені агрегати вторинного кварцу (близько 20 %). Скременілі вапняки січуться кальцитовими прожилками, більш пізніми по відношенню до вторинного кварцу. Нами досліджувалися карбонатно-кременисті породи з високим вмістом SiO_2 . Їх можна назвати вапняковистими силіцитами. Породоутворювальний кремнезем цих порід має дуже неоднорідну будову і містить численні вclusions крипнокристалічного кальциту. Кремнезем нерівномірно розкристалізований до халцедону (кварцу) і знаходиться в породі в таких формах: 1) крипнокристалічний SiO_2 – 20 %; 2) мікрোকристалічний – 30 %; 3) вclusions волокнистого халцедону – 30 %. Спостерігаються зерна кварцу, а також поодинокі здвійниковані зерна плагіоклазів. Кальцит переважно прихованокристалічний, трапляються кристалічні вclusions неправильної форми з характерною для карбонатів спайністю. Припускаємо вторинну карбонатизацію кременистих порід (силіцитів). Тріщини виповнені кристалічним кальцитом з характерною спайністю, що, на нашу думку, є ознакою проникнення по тріщинах розчинів, насичених карбонатом, у кременисту породу із сусідніх пластів на стадії катагенезу. У верхній частині розрізу, в товщі верхньоспаської підсвіти, кількість карбонатних порід зменшується. Тут вони представлені поодинокими прошарками скременілих мергелів.

У вуглецьмісних відкладах шипотської і спаської світи широко розвинені карбонатні конкреції. Зазвичай вони мають лінзоподібну форму і довжину від кількох десятків сантиметрів до кількох метрів. Трапляються також карбонатні конкреції округлої форми діаметром до 1 м. Згідно з (Габинет, 1985), у бітумінозних аргілітах найчастіше трапляються конкреції, складені магнезіальним сидеритом (сидероплазитом). У піскувато-алевритових пластах переважають доломітові і кальцитові стяжіння. У відкладах спаської світи розвинуті доломіт- і сидерит-кальцитові конкреції. На рентгенодифрактограмах карбонатних стяжінь фіксуються рефлекси сидериту (0,1723; 0,195; 0,233; 0,277–0,279; 0,355–0,356 нм), доломіту (0,1805; 0,201–0,202; 0,217–0,218; 0,288 нм), кальциту (0,206–0,207; 0,226; 0,299–0,301 нм). Як мінерали-домішки в конкреціях присутні кварц (0,332; 0,420 нм), гідрослюда (0,980–1,00 нм), хлорит (0,352–0,356; 0,690, 1,320 нм) і змішаношаруваті неупорядковані агрегати гідрослюди і монтморилоніту (1,160 нм). Вміст у конкреціях

складає (%): FeO – 19,27–33,13; CaO – 5,91–13,58; MgO – 5,29–8,02; Mn – 0,81–1,4. Марганець і магній входять до складу породоутворювальних карбонатних мінералів досліджених діagenетичних стяжінь як ізоморфні домішки. В праці (Мороз та ін., 2007) наведені результати досліджень сидеритових конкрецій, які залягають між пластами чорних бітумінозних аргілітів у відслоненнях шипотських відкладів, поблизу с. Шепіт, на правому борті р. Сучава. Трапляються два різновиди конкрецій: перший – стяжіння кулеподібної форми з діаметром до 40 см; другий – еліпсоподібні тіла, розміром приблизно 60 × 15 см. Структура породоутворювальної речовини конкрецій прихованокристалічна, текстура масивна. Встановлено, що основним породоутворювальним мінералом конкрецій є сидероплезит, тобто сидерит з підвищеним вмістом магнію. Це підтверджується наявністю на рентгенодифрактограмах рефлексів, характерних для цього мінералу (0,1713; 0,1953; 0,212; 0,233; 0,278; 0,357 нм). Також у конкреціях фіксуються домішки марганцевистого кальциту (0,185; 0,189; 0,207; 0,226; 0,246; 0,297 нм), родохрозиту (0,1776; 0,200; 0,217; 0,238; 0,286; 0,364 нм) і в незначній кількості кварцу (0,332; 0,420 нм). Полімінеральний склад конкрецій підтверджують також результати ІЧ-спектроскопії. За характерними смугами поглинання встановлена наявність карбонатів (880, 1450 cm^{-1}), зокрема, сидериту (415, 730–740, 2620 cm^{-1}), а також кварцу (475, 800, 1095–1100 cm^{-1}).

В чорних аргілітах шипотської світи спорадично трапляються сульфідно-кременисто-карбонатні конкреції зональної будови (Попп, Сеньковський, 2003; Сеньковський та ін., 2012). Вони переважно мають яйцеподібну форму. Їхні розміри становлять від 9,0 × 4,8 × 3,4 до 22,0 × 12,0 × 8,5 см. Трапляються два різновиди таких конкрецій. У деяких стяжіннях виділяється зеленувате еліпсоподібне ядро розміром 1–2 см, що облямовується темно-сірою до чорної масою внутрішньої оболонки конкрецій. Її межа із зовнішньою оболонкою має звивисті контури. Остання характеризується світлішим забарвленням і покрита малопотужною (до 0,5 см) кіркою звітрявання темно-сірого або жовтого кольору. Інші конкреції складені темно-сірою крипнокристалічною кременисто-карбонатною речовиною. Кількість мікрочлеників піриту в обох різновидах конкрецій поступово зменшується від ядра до їхньої зовнішньої оболонки.

Незважаючи на деякі відмінності у внутрішній будові, описані різновиди конкрецій мають дуже подібний мінеральний склад і характеризуються однаковими закономірностями його зміни від їхнього ядра до зовнішньої оболонки. На рентгенодифрактограмах мінеральної речовини конкрецій фіксуються рефлекси кальциту (0,159; 0,150; 0,144; 0,142; 0,144; 0,150; 0,159; 0,186; 0,190; 0,191; 0,208; 0,227; 0,246; 0,248; 0,303; 0,383 нм), кварцу (0,145; 0,154; 0,166; 0,167; 0,182; 0,198; 0,224; 0,227; 0,246; 0,335; 0,426 нм) і піриту (0,242; 0,271; 0,331 нм). Іноді відзначається присутність незначних домішок доломіту (0,283 нм) і хлориту (0,319; 0,442; 1,018; 1,426; 1,573 нм). Інфрачервоні спектри конкрецій шипотської світи характеризуються смугами карбонатів (1470, 880, 720 cm^{-1}) і кварцу (1185, 1105, дублет 805–785, 520, 470 cm^{-1}). Наявність піриту встановлюється смугою 1660 cm^{-1} . Порівняння інтенсивностей рефлексів на рентгенодифрактограмах дозволило наближено оцінити відносний вміст халцедону (кварцу), кальциту і піриту в породоутворювальній ре-

човині конкрецій. У досліджених діагенетичних стяхіннях шипотської світи домінує кальцит. Усі вони характеризуються високим вмістом піриту в ядрі, який поступово зменшується в напрямку до зовнішньої оболонки конкреції. Підвищений вміст кварцу, порівняно з таким кальциту, фіксується у внутрішній оболонці і в кінці звітрювання конкрецій. Ранньодіагенетичний пірит у центральній частині описаних конкрецій є свідченням відновних умов на самому початковому етапі постседиментаційних перетворень.

Формування вуглецьвмісних товщ верхнього барему-альбу Українських і Польських Карпат (спаська, шипотська світи) пов'язане (Сеньковський та ін., 2004, 2012, 2018; Olszewska, Szydło, 2012, 2016; Sachsenhofera et al., 2012) з фазою океанічних безкисневих подій ОАЕ-1 (див. рис. 4), яка всередині крейдового періоду широко проявила себе у Світовому океані (Shlanger, Jenkyns, 1976; Jenkyns, 1980, 2010). Седиментація цих осадових утворень відбувалася в зоні кисневого мінімуму, переважно нижче, в окремих випадках вище



Рис. 6. Умови седиментації барем-альбських відкладів Українських Карпат: 1 – пісковики; 2 – чорні аргіліти; 3 – прошарки силіцитів; 4 – глинисто-мергелісті відклади; 5 – строкаті теригенно-глинисті відклади

Fig. 6. Conditions of sedimentation of Barremian-Albian sediments of the Ukrainian Carpathians: 1 – sandstones; 2 – black argillites; 3 – silicite intercalations; 4 – clay-marl deposits; 5 – variegated terrigenous-clay deposits

(нижньоспаська підсвіта) глибини карбонатної компенсації (CCD). Поступовий перехід від нижньокрейдових чорносланцевих до верхньокрейдових карбонатних і строкатих (зеленувато-сірих і червоних) відкладів вверх по розрізу є свідченням глобальної зміни клімату від «парникового» до більш холодного (Гнилко та ін., 2023), а також фізико-хімічних умов у придонних водах седиментаційного басейну від анаеробних відновних до аеробних окисних.

Потужні піскуваті товщі в середній частині спаської і шипотської світ утворилися як відклади гравітаційних потоків на другому рівні лавинної седиментації, в підніжжі континентального схилу північної континентальної окраїни океану Тетис (Сеньковський та ін., 2004). Їх формування корелюється з глобальною регресією в аптський час (Golonka, 2000) (рис. 6). Подібні товщі палеогенового віку є основними породами-колекторами нафти і газу в межах Карпатської нафтогазоносної провінції.

На великих глибинах (близько 4–5 км) пісковики спаської світи зазнали глибоких катагенетичних перетворень, що відповідають зоні мезокатагенезу МК₃–МК₅ (хлоритизація і скременіння глинистої речовини основної маси аргілітів і цементу пісковиків та алевролітів, ущільнення і регенерація зерен кварцу, сутуро-стилолітові шви, карбонатний пойкилітовий цемент та ін.). В таких умовах первинна пористість порід зберігалася погано, але відбувалося виникнення вторинного порового простору внаслідок розчинення і виносу сполук, нестійких у конкретних фізико-хімічних умовах, або утворення літогенетичної чи тектонічної тріщинуватості (Попп, 2005). Їх можна охарактеризувати як породиколектори змішаного типу (порово-тріщинні, тріщинно-порові).

Варто згадати також проблему «нетрадиційних» колекторів нафти і газу. В карпатському фліші нами (Сеньковський та ін., 2012, 2018; Попп та ін., 2019) виокремлені три головних літолого-геохімічних типи (ЛГХТ) осадових утворень, що відрізняються вмістом породоутворювальних інгредієнтів біогенного походження (SiO₂^{біоген}, CaCO₃, C_{орг}): сірі вапняковисто-глинисто-теригенні (ЛГХТ I); невапняковисті або слабовапняковисті, часто строкаті глинисто-теригенні (ЛГХТ II); чорні вуглецьвмісні скременілі теригенно-глинисті товщі (ЛГХТ III). Для бітумінозних відкладів (ЛГХТ III) характерними є тонко- і мікрошаруваті текстури глинистих і кременисто-глинистих порід.

Відновні умови седименто-діагенезу вуглецьвмісних відкладів під час фази океанічних безкисневих подій ОАЕ-1 зумовили відсутність біотурбацій, що сприяло кращому збереженню седиментаційної шаруватості, по якій під час постседиментаційних перетворень відбувалося утворення пошарової літогенетичної тріщинуватості (Попп та ін., 2022). Тому формування «нетрадиційних» колекторів у товщах ЛГХТ III є більш ймовірним, ніж у карбонатно-глинистих або строкатих теригенно-глинистих породах (ЛГХТ I, II). Останні могли відігравати роль флюїдотривів у покладах вуглеводнів. Під час літогенетичних процесів у формуванні вторинного порового простору брали участь три основних компоненти відкладів: глинисті мінерали, аутигенний кремнезем, органічна речовина. В зоні мезокатагенезу МК₂–МК₃ відбувалося руйнування органо-мінеральних комплексів, а також гідрослюдидація монтморилоніту, наслідком якої було, по-перше, скременіння порід, що робило їх більш крихкими і здатними до розтріскування в зонах тектонічних напружень; по-друге, вивільнення величезних мас кристалізаційної води, виникнення аномально високих пластових тисків, розуцільнення порід та формування катагенетичної тріщинуватості.

Перспективи нафтогазоносності спаської і шипотської світ

Присутність потужних піщаних пачок у складі спаської і шипотської світ дозволяють вважати їх потенційними природними резервуарами для промислових скупчень нафти і газу. На це вказують результати проведених бурових робіт у межах Скибового і Дуклянсько-Чорногорського покривів, а саме: на площах Луги, Шевченкове і Максимівка в першій тектонічній одиниці і на площах Гринява і Семаківська – в другій.

В свердловині 1-Луги за промислово-геофізичними даними у відкладах спаської світи (5489–5654 м) виділені три пачки потужністю (знизу вверх) відповідно 72, 64 і 29 м, з яких у нижній суттєво переважають пісковики. За результатами дослідження шламу визначені чорні аргіліти і мергелі, кременісті породи кварцпольовошпатового складу, сірі кварцитоподібні пісковики (Буров та ін., 1972). При випробуванні IV та V об'єктів з відкладів спаської світи в інтервалах 5625–5600 і 5525–5440 м отримано припливи води відповідно 1,45 і 100 м³/добу, що свідчить про наявність у другому об'єкті задовільних колекторів.

У свердловині 1-Шевченкове спаська світа розкрита у двох лусках в інтервалах 5320–6240 і 6940–7520 м (див. рис. 3). Фізичні параметри пісковиків нижньої крейди із свердловини 1-Шевченкове за даними лабораторних досліджень керна характеризуються такими величинами: відкрита пористість – 0,1–3,5 %; проникність – менше $0,1 \times 10^{-3}$ мкм². За даними інтерпретації кривих бокового каротажного зондування, спонтанної поляризації, бокового та акустичного каротажів величина пористості основної маси колекторів складає 5–7 %, а щільних і ущільнених – менше 5 %. Трапляються і середньопористі різновиди з пористістю 7–10 %. Також в інтервалі 6945–6970 м виділені два пласти з пористістю 11–13 % і товщинами 2–4 м. За результатами промислово-геофізичних досліджень найбільш перспективним щодо нафтогазоносності визнано розріз спаської світи другої луски в інтервалі 6940–7520 м. В інтервалах 7020–7070 і 6945–6985 м виокремлено два перспективних об'єкти з коефіцієнтами нафтогазонасичення 65–70 % (Бандурович и др., 1977).

На підтвердження цього заключення варто зазначити, що під час буріння свердловини 1-Шевченкове з глибини 6900 м до бурового розчину безперервно надходила плівка нафти й газу, від якої він очищувався в дегазаторі циркуляційної системи (Стефурак, Яремійчук, 2021).

Свердловина 4-Максимівська розкрила нижньокрейдіві відклади (спаська світа) у лобовій частині Максимівської складки. При випробуванні інтервалу 4337–4343 м з нижньокрейдівих відкладів отримано приплив слабогазованої соленої води дебітом 7,1 м³/добу за пластового тиску 74,9 МПа, а з інтервалу 4210–4333 м – соленої води з глинистим розчином (Мончак та ін., 2010).

У розрізі свердловини 1-Гринява за результатами інтерпретації матеріалів промислової геофізики виділено потужні нижньокрейдіві пласти пісковиків в інтервалах 3210–3230 і 3115–3165 м з ознаками проникності, про що свідчила товста глиниста кірка (Мончак та ін., 2010). При випробуванні свердловини 1-Семківська випробувачем пластів на трубах з відкладів нижньошипотської підсвіти з газонасиченого пласта пористістю 8–12 % отримано приплив рідини дебітом 36,6 м³/добу і газу дебітом 3,0 тис. м³/добу. До складу газу входили (%): вуглеводневі гази – 93,378; азот – 6,21; двоокис вуглецю – 0,002; кисень – 0,41.

При випробуванні в експлуатаційній колоні ІХ об'єкта в інтервалі 489–483 і 480–473 м разом з І–VIII об'єктами отримано приплив легкої нафти дебітом 2,64 м³/добу, яка надійшла, скоріш за все, з ІХ об'єкта. Свердловина законсервована через відсутність фінансування.

Висновки

Дане дослідження присвячене вивченню перспективності нижньокрейдівих пісковиків спаської і шипотської світ. Вивчено матеріали геологічної зйомки, даних буріння і геофізичних досліджень. Вперше наведено дані про поширення пористих пісковиків у складі шипотської світи в Дуклянсько-Чорногорському покриві в басейні р. Бальзатул (басейн Білої Тиси) – бальзатувльських. За матеріалами польових маршрутних спостережень уточнено ареал тершівських пісковиків.

Загалом на підставі наведених матеріалів можна стверджувати таке:

1. Відклади спаської світи Скибового покриву і шипотської світи Дуклянсько-Чорногорського покриву є ізохронними формуваннями барем-альбського віку.
2. У середніх частинах спаської та шипотської світ спорадично з'являються пласти сірих, товстошаруватих, масивних, некарбонатних пісковиків, які є одновіковими утвореннями і складають пачки товщиною до 50–60 м.
3. Формування вуглецьвмісних товщ верхнього барему-альбу Українських і Польських Карпат (спаська, шипотська світи) пов'язане з фазою океанічних безкисневих подій ОАЕ-1.
4. Потужні піскуваті товщі в середній частині спаської і шипотської світ утворилися як відклади гравітаційних потоків на другому рівні лавинної седиментації, в підніжжі континентального схилу північної континентальної окраїни океану Тетіс. Їх формування корелюється з глобальною регресією в аптський час.
5. На великих глибинах (близько 4–5 км) пісковики спаської світи зазнали глибоких катагенетичних перетворень, що відповідають зоні мезокатагенезу МК₃–МК₅. В них можна прогнозувати породи-колектори змішаного типу (порово-тріщинні, тріщинно-порові).
6. Відкрита пористість частини пісковиків-колекторів коливається в межах 8–13 %. Вони можуть бути промисловими резервуарами для нафтових і газових скупчень.

7. З пісковиків шипотської світи у свердловині 1-Семаківська отримано невеликі припливи горючого газу і промислові – легкої нафти.
8. Пропонуємо виконати деталізаційні сейсмо-розвідувальні роботи на Шевченківській і Максимівській площах з метою підготовки об'єктів для пошукового буріння у відкладах шипотської

світи, а також поновити пошукові роботи на нафту і газ на Семаківській структурі (Воляська площа).

Подяки. Автори щиро вдячні рецензентам статті за зауваження і поради, які дали змогу покращити роботу.

Нижньокрейдові відклади поширені в межах Скибового і Дуклянсько-Чорногорського покривів, де відомі як спаська і шипотська світи. В їх розрізі подекуди присутні пісковики, які можуть бути колекторами для промислових скупчень вуглеводнів. Такі пісковики описані на поверхні і встановлені у розрізах глибоких свердловин. Потужні піскуваті товщі в середній частині спаської і шипотської світ утворилися як відклади гравітаційних потоків на другому рівні лавинної седиментації, в підніжжі континентального схилу північної континентальної окраїни океану Тетис. Їх формування корелюється з глобальною регресією в аптський час. Пористі пісковики спаської світи, які виходять на поверхню поблизу сіл Тершів і Бусовисько, утворюють пачки товщиною до 60 м. Вони розкриті в Орівській і Береговій скибах глибокими свердловинами 1-Луки, 1-Шевченкове та 4-Максимівка. Під час буріння свердловини 1-Шевченкове з глибини 6900 м до бурового розчину безперервно надходила плівка нафти та виділявся газ. За результатами промислово-геофізичних досліджень найбільш перспективним щодо нафтогазоносності визнано розріз спаської світи другої луски в інтервалі 6940–7520 м. Виділені два перспективних об'єкти в інтервалах 7020–7070 і 6945–6985 м, коефіцієнти нафтогазонасичення яких становлять 65–70 %. У Говерлянському субпокриві Дуклянсько-Чорногорського покриву у відслоненнях вздовж р. Бальзатул та її приток (басейн р. Біла Тиса) у складі шипотської світи також виявлені подібні пісковики. У розрізах свердловин 1-Гринява і 1-Семаківська у відкладах шипотської світи Скупівського субпокриву за результатами промислово-геофізичних досліджень ідентифіковані пісковики з відкритою пористістю 8–12 %. При їх випробуванні свердловиною 1-Семаківська із загального інтервалу 473–569 м отримано припливи горючого газу і легкої нафти з дебітами відповідно 3 тис. м³/добу і 2,64 м³/добу. Наведені матеріали свідчать про перспективність спаської і шипотської світ стосовно відкриття промислових скупчень вуглеводнів.

Список літератури

- Афанасьєва И.М. Литогенез и геохимия флишевой формации северного склона Советских Карпат. Киев: Наукова думка, 1983. 183 с.
- Бандурович Е.М., Буров В.С., Глагола Д.Д., Гошовский З.М., Гривнак С.И., Дмитрук Л.А., Дубицкий И.М., Дабаган Н.В., Мончак Л.С., Мартинец Ф.М., Мыкита Б.В., Мыслук И.А., Наконечный И.М., Рудько М.И., Федорович Г.П., Хадыкин Ф.Т. Сверхглубокая скважина в Карпатах. Ужгород: Карпаты, 1977. 72 с.
- Буров В.С., Вишняков І.Б., Дабаган Н.В. Нові дані про крейдові відклади Скибової зони Карпат (за матеріалами глибокого буріння). *Геологія і геохімія горючих копалин*. 1972. № 32. С. 3–7.
- Вялов О.С., Гавура С.П., Даныш В.В., Лемішко О.Д., Лещук Р.И., Пономарева Л.Д., Романив А.М., Смирнов С.Е., Смолинская Н.И., Царненко П.Н. Стратотипы меловых и палеогеновых отложений Украинских Карпат. Киев: Наукова думка, 1988. 204 с.
- Габинет М.П. Постседиментационные преобразования флиша Украинских Карпат. Киев: Наукова думка, 1985. 148 с.
- Габинет М.П., Кульчицкий Я.О., Матковский О.И. Геология и полезные ископаемые Украинских Карпат. Львов: Изд-во Львов. ун-та, 1976. Ч. 1. 200 с.
- Геологическая карта Украинских Карпат и прилегающих прогибов. М-6 1:200 000: Шакин В.А. (гл. ред.). Киев: УкрНИГРИ, 1976. 6 л.
- Геологическое строение и горючие ископаемые Советских Карпат. *Тр. УкрНИГРИ*. 1971. Вып. 25. 392 с.
- Глушко В.В., Кузовенко В.В., Шлапінський В.Є. Нові погляди на геологічну будову північно-західної частини Дуклянського покриву Українських Карпат. *Вісн. Львів. ун-ту*. 1999. Вип. 13. С. 94–101.
- Глушко В.В., Кузовенко В.В., Шлапінський В.Є. Схема тектоніки межиріччя Тересва–Чорний Черемош. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 1994. № 1–2. С. 158–163.
- Гнилко О., Гнилко С., Наварівська К. Стратиграфія та умови накопичення чорносланцевих товщ Українських Карпат. *Палеонтол.* зб. 2021. № 53. С. 35–54. <https://doi.org/10.30970/pal.53.03>
- Гнилко С.Р., Гнилко О.М., Супрун І.С., Наварівська К.О., Генералова Л.В. Стратиграфія верхньокрейдових відкладів з океанічними червоноколірними верствами (CORBs), Українські Карпати. *Геол. журн.* 2023. № 3 (384). С. 79–107. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2023.3.281067>
- Гуржий Д.В., Габинет М.П., Киселев А.Е., Богаец А.Т., Бойчук Г.В., Бортницкая В.М., Галабуда Н.И., Гнидец В.П., Долленко Г.Н., Индутный В.Ф., Копыстанский Р.С., Кульчицкий Я.О., Лагола П.М., Ладька Ю.Ф., Новосилецкий Р.М., Петкевич Г.И., Поляк Р.Я., Прилуко Г.И., Самарская Е.В., Сухорский Р.Ф., Филяс Ю.И., Ципенюк Т.М., Шеремета О.В. Литология и породы-коллекторы на больших глубинах в нефтегазоносных провинциях. Киев: Наукова думка, 1983. 184 с.
- Колодій В.В., Бойко Г.Ю., Бойчевська Л.Е., Братусь М.Д., Величко Н.С. Карпатська нафтогазоносна провінція. Львів; Київ: ТОВ «Укр. вид. центр», 2004. 390 с.
- Кузовенко В.В., Жигунова З.Ф., Петров В.Г. Отчет о результатах групповой комплексной геологической съемки масштаба 1:50 000, проведенной на площади Климец Львовской и Закарпатской областей УССР в 1973–1976 гг. Трест «Львовнефтегазразведка», КГП. Львов, 1977. 185 с. Фонди ДП «Західукргеологія».
- Кузовенко В.В., Евтушко Т.Л. Изучение опорных разрезов мезокайнозойских отложений юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы, Предкарпатского прогиба и северного склона Украинских Карпат, составление стратиграфической схемы и легенды для крупномасштабных геологосъемочных работ. 1983–1985 гг.: в 3-х т. Т. I (текст). Львов, 1985. 101 с. Т. III. Графические приложения. Львов, 1985. 59 л. Фонди ДП «Західукргеологія».

- Кузовенко В.В., Тарасенко В.И. Региональные стратиграфические схемы меловых, палеогеновых и неогеновых отложений Украинских Карпат, Предкарпатского и Закарпатского прогибов и юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы и объяснительная записка к ним. Отчет. Львов, 1987. 88 с., 8 схем. Фонди ДП «Західургеологія».
- Лещух Р.Й. Нижньокрейдові амоніти Українських Карпат. Київ: Наукова думка, 1982. 164 с.
- Мончак Л.С., Маєвський Б.Й., Хомин В.Р., Куровець С.С., Здерка Т.В., Стасик І.М. Перспективи нафтогазоносності нижньокрейдових відкладів Скибових Карпат. *Зб. наук. пр. Ін-ту геол. наук НАН України*. 2010. Вип. 3. С. 312–318.
- Мороз П.В. Особливості розподілу мікроелементів у бітумінозних крейдових відкладах шипотської світи Українських Карпат. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2003. № 3–4. С. 83–89.
- Мороз П.В., Манжар Н.І., Пивовар І.Г. Мінералогія діагенетичних конкрецій шипотської світи Українських Карпат. *Мінерал. зб.* 2007. Вип. 1. С. 102–107.
- Обоснование направлений поисков нефти и газа в глубоко-залегающих горизонтах Украинских Карпат: Глушко В.В., Круглов С.С. (ред.). Киев: Наукова думка, 1977. 175 с.
- Попп І.Т. Окремі аспекти проблеми літогенезу нафтогазоносних відкладів крейдово-палеогенового флішового комплексу Передкарпатського прогину та Українських Карпат. Ч. 1. Седиментогенез і постседиментаційні перетворення. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2005. № 3–4. С. 43–59.
- Попп І.Т., Сеньковський Ю.М. Біогенні вуглецевмісні силіцити баррем-альбу і олігоцену Українських Карпат – свідчення океанічних безкисневих подій. Ч. 1. Петрографія і стадійні перетворення. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2003. № 3–4. С. 65–82.
- Попп І., Мороз П., Шаповалов М. Літолого-геохімічні типи крейдово-палеогенових відкладів Українських Карпат та умови їх формування. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2019. № 4 (181). С. 116–133. <https://doi.org/10.15407/ggcm2019.04.116>
- Попп І., Мороз П., Шаповалов М. Літогеохімія чорних аргілітів фанерозою заходу України – нетрадиційних колекторів вуглеводнів. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2022. № 1–2 (187–188). С. 82–102. <https://doi.org/10.15407/ggcm2022.01-02.082>
- Сеньковський Ю., Григорчук К., Гнідець В., Колтун Ю. Геологічна палеоокеанографія океану Тетіс (Карпато-Чорноморський сегмент). Київ: Наукова думка, 2004. 172 с.
- Сеньковський Ю.М., Колтун Ю.В., Григорчук К.Г., Гнідець В.П., Попп І.Т., Радковець Н.Я. Безкисневі події океану Тетіс. Карпато-Чорноморський сегмент. Київ: Наукова думка, 2012. 184 с.
- Сеньковський Ю.М., Григорчук К.Г., Колтун Ю.В., Гнідець В.П., Радковець Н.Я., Попп І.Т., Мороз М.В., Мороз П.В., Ревер А.О., Гаєвська Ю.П., Гавришків Г.Я., Кохан О.М., Кошіль Л.Б. Літогенез осадових комплексів океану Тетіс. Карпато-Чорноморський сегмент. Київ: Наукова думка, 2018. 158 с.
- Справа опорної свердловини 1-Луги. Львів, 1974. 232 с. Фонди ДП «Західургеологія».
- Стефурак Р.І., Яремійчук Р.С. Історичні нариси буріння нафтових і газових свердловин – від проекту до практики (погляд з минулого в майбутнє). *Мінер. ресурси України*. 2021. № 3. С. 24–27. <https://doi.org/10.31996/mru.2021.3.24-27>
- Хомин В.Р. Геологічна будова і перспективи нафтогазоносності центральної та північно-західної частин Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину на глибинах 5–8 км. Автореф. дис. ... канд. геол. наук. Івано-Франківськ, 2004. 21 с.
- Царненко П.Н., Лещух Р.Й. Про вік шипотських відкладів Свидовецької підзони в Українських Карпатах. *Доп. АН УРСР. Сер. Б.* 1974. № 2. С. 131–134.
- Шлапінський В.Є., Глушко В.В., Кузовенко В.В., Кульчицький Я.О., Гарашук А.В. Вивчення геологічної будови і перспектив нафтогазоносності зони зчленування Дуклянського, Чорногорського і Кросненського покривів Українських Карпат за 1991–1994 рр. Львів, 1994. 98 с.
- Golonka J. Cambrian-Neogen plate tectonic maps. Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, 2000. 125 p.
- Jenkyns H.C. Cretaceous anoxic events: from continents to oceans. *J. geol. Soc. London*. 1980. Vol. 137. P. 171–188.
- Jenkyns H.C. Geochemistry of oceanic anoxic events. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 2010. Vol. 11, Q03004. 30 p. <https://doi.org/10.1029/2009GC002788>
- Koltun Yu., Espitalié J., Kotarba M., Roure F., Ellouz N., Kosakowski P. Petroleum generation in the Ukrainian Carpathians and the adjacent foreland. *Journal of Petroleum Geol.* 1998. Vol. 21, No. 3. P. 265–288. <https://doi.org/10.1111/j.1747-5457.1998.tb00782.x>
- Kruczek I. Rozpoznanie ropogazonosności warstw spaskich w rejonie Kuzmina – Slonne – Wara. *Nafta-Gaz*. 1992. No. 1–2. S. 1–14.
- Malata T. Analysis of standard lithostratigraphic nomenclature and proposal of division for Skole unit in the Polish Flysch Carpathians. *Geological Quarterly*. 1996. Vol. 4, No. 40. P. 543–554.
- Olszewska B., Szydto A. Dark deposits of the Polish Outer Carpathians: implications for anoxic events in the Tethys on the basis of micropaleontological data (Cretaceous-Paleogene). *2nd International Conference "Alpine-Petrol". Book of Programme and Abstracts*. Kraków, 2012. P. 91–92.
- Olszewska B., Szydto A. Foraminiferal and geochemical indicators of anoxic events during the Cretaceous-Paleogene: examples from the Polish Outer Carpathians. *17th Czech-Slovak-Polish Palaeontological Conference*, 2016. P. 74.
- Oszczypko N. Late Jurassic-Miocene evolution of the Outer Carpathian fold-and-thrust belt and its foredeep basin (Western Carpathians, Poland). *Geol. Quart.* 2006. No. 1 (50). P. 169–194.
- Sachsenhofer R.F., Yuriy V., Koltun Y.V. Black shales in Ukraine e A review. *Marine and Petroleum Geology*. 2012. No. 1 (31). P. 125–136. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2011.08.016>
- Shlanger S.O., Jenkyns H.C. Cretaceous oceanic anoxic events causes and consequences. *Geologie en Mijnbouw*. 1976. Vol. 55. P. 179–184.
- Sujkowski Z. Serie szypotskie na Huculszczyźnie. *Pr. Pol. Inst. Geol.* 1938. 3, z. 2. 90 s.

References

- Afanasieva I.M. 1983. Lithogenesis and geochemistry of the flysch formation of the northern slope of the Soviet Carpathians. Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
- Bandurovich Ye.M., Burov V.S., Glagola D.D., Goshovsky Z.M., Grivnak S.I., Dmitruk L.A., Dubitsky I.M., Dabagyan N.V., Monchak L.S., Martinets F.M., Mykita B.V., Myslyuk I.A., Nakonechny I.M., Rudko M.I., Fedorovich G.P., Khadykin F.T. 1977. Superdeep well in the Carpathians. Uzhgorod: Karpaty (in Russian).
- Burov V.S., Vyshnyakov I.B., Dabahyan N.V. 1972. New data on the Cretaceous deposits of the Skiba zone of the Carpathians (based on deep drilling materials). *Heolohiya i heokhimiya horyuchykh kopalyn*, No. 32: 3–7 (in Ukrainian).
- Gabinet M.P. 1985. Postsedimentary transformations of the flysch of the Ukrainian Carpathians. Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
- Gabinet M.P., Kulchitsky Ya.O., Matkovsky O.I. 1976. Geology and minerals of the Ukrainian Carpathians. Lvov: Publishing House Lvov University. Part 1 (in Russian).

- Gurzhiy D.V., Gabinet M.P., Kiselev A.Ye., Bogaets A.T., Boychuk G.V., Bortnitskaya V.M., Galabuda N.I., Gnidets V.P., Dolenko G.N., Indutny V.F., Kopystyansky R.S., Kulchitsky Ya.O., Lagola P.M., Ladyka Yu.F., Novosiletsky R.M., Petkevich G.I., Polyak R.Ya., Pritulko G.I., Samarskaya E.V., Sukhorsky R.F., Filyas Yu.I., Tsipenyuk T.M., Sheremeta O.V. 1983. Lithology and reservoir rocks at great depths in oil and gas provinces. Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
- Hlushko V.V., Kuzovenko V.V., Shlapinsky V.Ye. 1994. Scheme of tectonics of the Teresva–Chorny Chermosh interfluve. *Heolohiya i heokhimiya horyuchykh kopalyn*, No. 1–2: 158–163 (in Ukrainian).
- Hlushko V.V., Kuzovenko V.V., Shlapinsky V.Ye. 1999. New perspectives on the geological structure of the northwestern part of the Dukla cover of the Ukrainian Carpathians. *Visnyk Lvivskoho universytetu*, 13: 94–101 (in Ukrainian).
- Hnylko O., Hnylko S., Navarivska K. 2021. Stratigraphy and conditions of accumulation of black shale strata of the Ukrainian Carpathians. *Paleontolohichnyy zbirnyk*, 53: 35–54. <https://doi.org/10.30970/pal.53.03> (in Ukrainian).
- Hnylko S.R., Hnylko O.M., Suprun I.S., Navarivska K.O., Heneralova L.V. 2023. Stratigraphy of the Upper Cretaceous sediments with oceanic red beds (CORBs), Ukrainian Carpathian. *Geologičnij žurnal*, 3 (384): 79–107. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2023.3.281067> (in Ukrainian).
- Khomin V.R. 2004. Geological structure and oil and gas potential prospects of the central and northwestern parts of the Boryslav-Pokut zone of the Precarpathian depression at depths of 5–8 km. Manuscript. Ivano-Frankivsk (in Ukrainian).
- Kolodiy V.V., Boyko H.Yu., Boychevska L.E., Bratus M.D., Velichko N.S. 2004. Carpathian oil and gas province. Lviv; Kyiv: TOV “Ukrayinsky Vydavnychyy tsestr” (in Ukrainian).
- Monchak L.S., Mayevky B.Y., Khomyn V.R., Kurovets S.S., Zderka T.V., Stasyk I.M. 2010. Prospects of the oil and gas potential of the Lower Cretaceous deposits of the Skiba Carpathians. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu heolohichnykh nauk NAN Ukrayiny*, 3: 312–318 (in Ukrainian).
- Moroz P.V. 2003. Peculiarities of the distribution of trace elements in bituminous chalk deposits of the Shipot Formation of the Ukrainian Carpathians. *Heolohiya i heokhimiya horyuchykh kopalyn*, 3–4: 83–89 (in Ukrainian).
- Moroz P.V., Manzhar N.I., Pivovar I.G. 2007. Mineralogy of diagenetic nodules of the Shipot Formation of the Ukrainian Carpathians. *Mineralohichnyy zbirnyk*, 1: 102–107 (in Ukrainian).
- Popp I.T. 2005. Some aspects of the problem of lithogenesis of oil and gas-bearing deposits of the Cretaceous–Paleogene flysch complex of the Precarpathian depression and the Ukrainian Carpathians. Part 1. Sedimentogenesis and post-sedimentary transformations. *Heolohiya i heokhimiya horyuchykh kopalyn*, 3–4: 43–59 (in Ukrainian).
- Popp I.T., Senkovskiy Y.M. 2003. Biogenic carbonaceous silicites of the Barremian–Albian and Oligocene of the Ukrainian Carpathians – evidence of oceanic anoxic events. Part 1. Petrography and stage transformations. *Heolohiya i heokhimiya horyuchykh kopalyn*, 3–4: 65–82 (in Ukrainian).
- Popp I., Moroz P., Shapovalov M. 2019. Lithological-geochemical types of Cretaceous–Paleogene sediments of the Ukrainian Carpathians and conditions of their formation. *Heolohiya i heokhimiya horyuchykh kopalyn*, 4, 181: 116–133. <https://doi.org/10.15407/ggcm2019.04.116> (in Ukrainian).
- Popp I., Moroz P., Shapovalov M. 2022. Litho-geochemistry of Phanerozoic black shales of western Ukraine – unconventional reservoirs of hydrocarbons. *Heolohiya i heokhimiya horyuchykh kopalyn*, 1–2: 187–188; 82–102. <https://doi.org/10.15407/ggcm2022.01-02.082> (in Ukrainian).
- Senkovskiy Y., Hryhorchuk K., Hnidec V., Koltun Y. 2004. Geological paleogeography of the Tethys Ocean (Carpatho-Black Sea segment). Kyiv: Naukova Dumka (in Ukrainian).
- Senkovskiy Yu.M., Koltun Yu.V., Grigorchuk K.G., Hnidets V.P., Popp I.T., Radkovets N.Ya. 2012. Anoxic events in the Tethys Ocean. Carpatho-Black Sea segment. Kyiv: Naukova Dumka (in Ukrainian).
- Senkovskiy Y.M., Hryhorchuk K.G., Koltun Y.V., Hnidets V.P., Radkovets N.Ya., Popp I.T., Moroz M.V., Moroz P.V., Rever A.O., Gaevska Y.P., Havryshkiv G.Ya., Kokhan O.M., Koshil L.B. 2019. Lithogenesis of sedimentary complexes of the Tethys Ocean. Carpatho-Black Sea segment. Kyiv: Naukova Dumka (in Ukrainian).
- Shlapinsky V.Ye., Hlushko V.V., Kuzovenko V.V., Kulchitsky Ya.O., Garashchuk A.V. 1994. Study of the geological structure and oil and gas potential of the junction zone of the Duklyan, Chornogorska, and Krosne covers of the Ukrainian Carpathians for 1991–1994. Lviv (in Ukrainian).
- Stefurak R.I., Yaremiychuk R.S. 2021. Historical sketches of drilling oil and gas wells – from project to practice (view from the past to the future). *Mineralni resursy Ukrayiny*, 3: 24–27. <https://doi.org/10.31996/mru.2021.3.24-27> (in Ukrainian).
- The case of the support borehole 1-Luga. 1974. Lviv, 232 p. Fondy DP “Zakhidukrheolohiyi” (in Ukrainian).
- Tsarnenko P.N., Leshchukh R.Y. 1974. About the age of the Shipot deposits of the Svydovets subzone in the Ukrainian Carpathians. *Dop. AN URSS. Ser. B*, 2: 131–133 (in Ukrainian).
- Vyalov O.S., Gavura S.P., Danysh V.V., Lemishko O.D., Leshchukh R.I., Ponomareva L.D., Romaniv A.M., Smirnov S.Ye., Smolinskaya N.I., Tsarnenko P.N. 1988. Stratotypes of the Cretaceous and Paleogene deposits of the Ukrainian Carpathians. Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
- Geological structure and combustible fossils of the Soviet Carpathians. 1971. *Tr. UkrNYHRY. Iss. 25*. 392 p. (in Russian).
- Glushko V.V., Kruglov S.S. (Eds.). 1977. Substantiation of the directions of oil and gas prospecting in the deep-lying horizons of the Ukrainian Carpathians. Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
- Golonka J. 2000. Cambrian–Neogen plate tectonic maps. Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.
- Jenkyns H.C. 1980. Cretaceous anoxic events: from continents to oceans. *J. geol. Soc. London*, 137: 171–188.
- Jenkyns H.C. 2010. Geochemistry of oceanic anoxic events. *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 11, Q03004. 30 p. <https://doi.org/10.1029/2009GC002788>
- Koltun Yu., Espitalié J., Kotarba M., Roure F., Ellouz N., Kosakowski P. 1998. Petroleum generation in the Ukrainian Carpathians and the adjacent foreland. *Journal of Petroleum Geology*, 21, 3: 265–288. <https://doi.org/10.1111/j.1747-5457.1998.tb00782.x>
- Kruczek I. 1992. Rozpoznanie ropogazonosności warstw spaskich w rejonie Kuzmina – Słonne – Wara. *Nafta-Gaz*. 1–2: 1–14 (in Polish).
- Kuzovenko V.V., Zhigunova Z.F., Petrov V.G. 1977. Report on the results of a group complex geological survey at a scale of 1:50,000, carried out on the Klimets area of the Lviv and Transcarpathian regions of the Ukrainian SSR in 1973–1976. Trest “Lvovneftegazrazvedka”, KGP. Lvov, 185 p. Fondy DP “Zakhidukrgeologiya” (in Russian).
- Kuzovenko V.V., Tarasenko V.I. Regional stratigraphic diagrams of the Cretaceous, Paleogene and Neogene deposits of the Ukrainian Carpathians, the Pre-Carpathian and Transcarpathian troughs and the southwestern margin of the East European Platform and an explanatory note to them. Report. Lvov, 1987. 88 p., 8 schemes. Fondy DP “Zakhidukrgeologiya”.
- Kuzovenko V.V., Yevtushko T.L. 1985. Study of reference sections of Meso-Cenozoic deposits of the southwestern margin of the East European Platform, the Pre-Carpathian depression and the northern slope of the Ukrainian Carpathians, drawing up a stratigraphic diagram and legend for large-scale geological survey work. 1983–1985: in 3 Vol. I (text). Lvov, 1985. 101 p. Vol. III. Graphic applications. Lvov, 1985. 59 l. Fondy DP “Zakhidukrgeologiya” (in Russian).
- Leshchukh R.Y. 1982. Lower Cretaceous ammonites of the Ukrainian Carpathians. Kyiv: Naukova Dumka (in Ukrainian).
- Malata T. 1996. Analysis of standard lithostratigraphic nomenclature and proposal of division for Skole unit in the Polish Flysch Carpathians. *Geological Quarterly*, 4, 40: 543–554.

- Olszewska B., Szydło A. 2012. Dark deposits of the Polish Outer Carpathians: implications for anoxic events in the Tethys on the basis of micropaleontological data (Cretaceous-Paleogene). 2nd *International Conference "Alpine-Petrol". Book of Programme and Abstracts*. Kraków, p. 91–92.
- Olszewska B., Szydło A. 2016. Foraminiferal and geochemical indicators of anoxic events during the Cretaceous-Paleogene: examples from the Polish Outer Carpathians. *17th Czech-Slovak-Polish Palaeontological Conference*: 74.
- Oszczypko N. 2006. Late Jurassic-Miocene evolution of the Outer Carpathian fold-and-thrust belt and its foredeep basin (Western Carpathians, Poland). *Geol. Quart.*, 1, 50: 169–194.
- Sachsenhofer R.F., Yuriy V., Koltun Y.V. 2012. Black shales in Ukraine: a review. *Marine and Petroleum Geology*, 1, 31: 125–136. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2011.08.016>
- Shakin V.A (Ed.). 1976. Geological map of the Ukrainian Carpathians and adjacent depressions Scale 1:200,000. Kyiv. UkrNYHR. 6 l. (in Russian).
- Shlanger S.O., Jenkyns H.C. 1976. Cretaceous oceanic anoxic events: causes and consequences. *Geologie en Mijnbouw*, 55: 179–184.
- Sujkowski Z. 1938. Serie szypotskie na Huculszczyźnie. *Pr. Pol. Inst. Geol.*, 3, z. 2: 90 s. (in Polish).

<https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.297242>

УДК 061.12.049:55

До 60-річчя Відділення наук про Землю НАН України. Частина 2. Хронологія становлення і розвитку Відділення наук про Землю АН УРСР (1963–1991 рр.)

E-mail: vstar@igph.kiev.ua;
vpkobolev@ukr.net

*Corresponding author /
Автор для кореспонденції:
V.P. Kobolev, vpkobolev@ukr.net

Received / Надійшла до редакції:
02.01.2024

Received in revised form /
Надійшла у ревізованій формі:
08.02.2024

Accepted / Прийнята:
01.03.2024

V.I. Starostenko, V.P. Kobolev*

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна

To the 60th anniversary of the Department of Earth Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine. Part 2. Chronology of the formation and development of the Department of Earth Sciences of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR (1963–1991)

V.I. Starostenko, V.P. Kobolev*

S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Keywords: Academy of Sciences of the Ukrainian SSR; Department; chronology; foundation and development; acquisitions.

Ключові слова: АН УРСР; Відділення; хронологія; заснування і розвиток; здобутки.

In the second part of the article, the main historical events in terms of dates, facts and personalities of the formation and development of the institutions of the Department of Earth and Space Sciences of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR from its foundation in 1963 to Ukraine's independence in 1991 are listed in chronological order.

The course of events related to name changes is given: Department of Earth and Space Sciences (1963–1972), Department of Earth Sciences (1972–1980), Department of Geology, Geophysics and Geochemistry (1980–1983) and Department of Earth Sciences (1983–1991).

Considerable attention is paid to the significant contribution of the specialists of the Department of Earth Sciences of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR in eliminating the consequences of the largest technogenic and environmental disaster that occurred on April 26, 1986 at the Chernobyl nuclear power plant.

It is considered the most important achievements of the institutions of the Department of Earth Sciences of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR in the period of formation and active development. In particular, scientific substantiation of the search for industrial oil and gas accumulations in the crystalline foundation of the sedimentary basins of Ukraine, volcanic and volcanogenic-sedimentary rocks of Transcarpathia and the Dnipro region, in the zones of active water exchange on the regional monoclines of Precarpathia, the Black Sea region.

The doctrine of the formation of deep fault structures has been developed, and a technique has been developed for forecasting of combined traps of hydrocarbon accumulations in deep-seated Devonian and Carboniferous horizons of the Dnipro-Donetsk Basin.

Significant results were obtained regarding the geological structure of the earth's crust and the upper mantle of the lithosphere within the framework of international projects during regional seismic research within limits of Ukraine, Southeast Europe and India. The general regularities of the structure are established for various geostructures: shields, platforms, depressions, transition zones from continents to oceans, deep-sea depressions, structures of the ocean floor.

The theoretical principles, methods and technical means of remote ocean research using artificial Earth satellites were developed, and the country's first system for collecting, transmitting and processing information about the ocean's physical fields was created.

This is a kind of report of the most significant events and facts from the life of the Department of Earth Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine and personal information and scientific achievements of the members of the Academy elected in the considered period.

© Видавець Інститут геологічних наук НАН України, 2024. Стаття опублікована за умовами відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

© Publisher Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, 2024. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Ц и т у в а н н я : Старостенко В.І., Коболєв В.П. До 60-річчя Відділення наук про Землю НАН України. Частина 2. Хронологія становлення і розвитку Відділення наук про Землю АН УРСР (1963–1991 рр.). *Геологічний журнал*. 2024. № 1 (386). С. 81–104. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.297242>

C i t a t i o n : Starostenko V.I., Kobolev V.P. 2024. To the 60th anniversary of the Department of Earth Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine. Part 2. Chronology of the formation and development of the Department of Earth Sciences of the Ukrainian SSR (1963–1991). *Geologichnij žurnal*, 1 (386): 81–104. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.297242>

Вступ

В червні 1963 р. на Загальних зборах Академії був прийнятий новий статут, в якому була визначена удосконалена організаційна структура АН УРСР. А саме, всі її установи були об'єднані у трьох секціях: (1) фізико-технічних і математичних, (2) хіміко-технологічних і біологічних та (3) суспільних наук, в які входили дев'ять відділів (з 1971 р. – Відділення). До секції фізико-технічних і математичних наук АН УРСР входили чотири відділи, серед яких – новостворений Відділ наук про Землю і Космос. Таким чином, червень 1963 р. вважається днем народження Відділення наук про Землю НАН України (Відділення..., 2003; Національна..., 2008, 2013; Старостенко, Коболев, 2023).

Цьому передували такі події. На той час в АН УРСР були створені і працювали Інститут геологічних наук, Інститут геології горючих копалин, Інститут геофізики, Морський гідрофізичний інститут і Полтавська гравіметрична обсерваторія. Директор Інституту геофізики АН УРСР академік С.І. Субботін запропонував Загальним зборам АН УРСР створити Відділ наук про Землю і Космос, в який включити вищезазначені установи та Головну астрономічну обсерваторію. Загальні збори АН УРСР у 1963 р. цю пропозицію С.І. Субботіна прийняли і затвердили його академіком-секретарем Відділу наук про Землю і Космос, а ученим секретарем був призначений кандидат геолого-мінералогічних наук Ю.Г. Герасимов (1963–1969) (Старостенко, Коболев, 2023).

Загальна кількість обраних академіків природничого спрямування протягом 1918–1963 рр. нараховувала (включно з призначеними наказом Гетьмана Павла Скоропадського) 22 особи (середній вік – 55 років), членів-кореспондентів – 15 (середній вік – 47 років). Наймолодший серед обраних – М.П. Семененко (член-кореспондент в 34 роки, академік в 43 роки). Найстарішими були академік О.П. Карпінський (78 роки) та член-кореспондент В.О. Поггенполь (73 роки).

Несуттєво, але цікаво, що, не маючи наукових ступенів і звань, членами ВУАН за спеціальністю «географія» стали в 1927 р. видатний дослідник Центральної Азії П.К. Козлов (академік) та фахі-

вець у галузі метеорології, фітофенології і кліматології В.О. Поггенполь (член-кореспондент). Також без наукових ступенів і звань у 1929 р. академіком ВУАН був обраний В.В. Різниченко, який в той час очолював Українське відділення Геологічного комітету. У 1951 р. членом-кореспондентом АН УРСР був обраний фахівець у галузі нафтопереробки Я.І. Середа, який згодом став кандидатом хімічних наук і очолив у 1956 р. лабораторію проблем нафтопереробки Інституту геології корисних копалин АН УРСР. Зауважимо, що в цей період 16 осіб були обрані академіками одразу, а шість членів-кореспондентів згодом стали дійсними членами.

Персональний склад офіційно затвердженого на Загальних зборах у червні 1963 р. Відділу наук про Землю і Космос налічував чотири дійсні члени (В.Г. Бондарчук, О.С. Вялов, В.Б. Порфир'єв, С.І. Субботін) та 10 членів-кореспондентів (Я.М. Белєвцев, Є.С. Бурксер, О.С. Дубянський, Є.К. Лазаренко, К.Й. Новик, С.П. Родіонов, М.П. Семененко, Я.І. Середа, В.С. Соболев, О.З. Широков) (Палій, Храмов, 2013).

Становлення Відділу наук про Землю і Космос у 1963–1975 рр.

На початку 1960-х років відбулась організаційно-структурна перебудова АН УРСР, спрямована на створення найбільш перспективних наукових напрямів і відповідно нових установ з метою посилення впливу науки на розвиток провідних галузей економіки. У багатьох інститутах змінювався або уточнювався науковий профіль. Зокрема, постановою Ради Міністрів УРСР 1963 р. «Про реорганізацію наукових установ Академії наук УРСР» Інститут геології корисних копалин АН УРСР було перейменовано в Інститут геології і геохімії горючих копалин АН УРСР зі зміною наукового профілю. Того ж року постановою Ради Міністрів СРСР Раду по вивченню продуктивних сил було виведено із системи АН УРСР та підпорядковано Держплану УРСР. Також зі складу АН УРСР був переданий Міністерству геології УРСР Інститут мінеральних ресурсів (м. Сімферополь) (Національна..., 2013).



Бабинець Андрій Євтихійович (1911–1982) – видатний український вчений, доктор геолого-мінералогічних наук (1962), професор (1963), член-кореспондент АН УРСР (1964), заслужений діяч науки і техніки України (1981), лауреат премії Ради Міністрів СРСР (1981) і премії ім. В.І. Вернадського АН УРСР (1985). Учасник Другої світової війни.

У 1927–1931 рр. навчався в Київському меліоративному технікумі, отримав диплом гідротехніка. У 1932 р. вступив на другий курс факультету гідрогеології Київського гірничо-геологічного інституту, який з відзнакою закінчив у 1935 р.

Після закінчення Інституту А.Є. Бабинець був направлений на роботу в Інститут геологічних наук АН УРСР, де працював на різних посадах до кінця життя: старший науковий співробітник (1935–1948), завідувач відділу гідрогеології (1948–1950), заступник директора з наукової роботи (1950–1968), завідувач відділу гідрогеологічних проблем (1968–1982). Одnocześnie у 1953–1968 рр. за сумісництвом очолював кафедру гідрогеології та інженерної геології геологічного факультету Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка.

З ім'ям Андрія Євтихійовича, як засновника наукової школи в галузі гідрогеології, морської та інженерної геології, пов'язані дослідження формування підземної гідросфери. Він вперше в Україні почав вивчати ізотопний склад підземних вод і розчинених у них газів, визначати їх вік і оцінювати швидкість водообміну за допомогою радіогенних ізотопів. Питання регіональної гідрогеології, поліпшення господарсько-питного і промислового водопостачання були у центрі уваги вченого. Поряд з цим, А.Є. Бабинець – один з організаторів морських досліджень донних відкладів морів і океанів в Україні. В 1962 р. він ініціював вивчення гідрохімії і фізико-хімічних властивостей донних відкладів Тропічної Атлантики на НДС «Михайло Ломоносов». Згодом вчений неодноразово брав участь в океанологічних дослідженнях, зокрема в 1969 р. був заступником начальника експедиції в першому рейсі НДС «Академік Вернадський» (східна акваторія Екваторіальної зони Атлантичного океану) (Половко, 2010; Шестопапов, Онищенко, 2012).



Доленко Григорій Назарович (1917–1990) – славетний український вчений у галузі геології і геохімії нафти і газу, доктор геолого-мінералогічних наук (1961), професор (1963), член-кореспондент АН УРСР (1964), академік АН УРСР (1979), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (1971) та премії ім. В.І. Вернадського АН УРСР (1977).

Після закінчення геолого-географічного факультету Харківського державного університету (нині – Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна) в 1940 р. Григорій Назарович отримав скерування на нафтопромисли Краснодарського краю. Проте невдовзі, з початком війни (1941), його мобілізували до армії, де він служив командиром саперної роти. У 1942 р. був демобілізований і направлений до Поволжя, де він працював старшим геологом Заглядинської контори розвідувального буріння тресту «Бугурусланнафта». За його участю відкриті нафтогазове родовище Заглядино та газові родовища Султунгулове і Тарханівка.

У 1944 р. Г.Н. Доленко обіймає посаду головного геолога Бориславської контори буріння і бере безпосередню участь у складанні першого повоєнного п'ятирічного плану розвитку нафтової промисловості та геологорозвідувальних робіт УРСР.

У 1945 р. Григорія Назаровича відряджають до Австрії, де протягом п'яти років він працював головним геологом, завідувачем геологорозвідувального відділу Головної контори промислів (м. Цистерсдорф), головним геологом управління у Відні. Згодом він повернувся в Україну і працював головним геологом тресту «Укрнафтогазрозвідка» у Львові (1950–1952).

Відаючи багато сил та енергії виробництву, Г.Н. Доленко водночас активно займається науковими дослідженнями. Останнє зумовило його перехід у 1952 р. на роботу до Інституту геології корисних копалин АН УРСР (нині – Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України), де він пройшов шлях від наукового співробітника (1952–1957), заступника директора з наукової роботи (1958–1963) до директора інституту (1964–1982).

Наукові інтереси Григорія Назаровича були зосереджені на розробці теоретичних питань нафтогазової геології, взаємозв'язку нафтогазоносності провінцій з історією їх геологічного розвитку. Значним науковим здобутком вченого стала монографія «Походження нафти та газу і нафтогазонакопичення в земній корі» (1986), в якій показано історію розвитку поглядів на генезис нафти і газу, їх міграцію й акумуляцію у родовищах, а також обґрунтовано сучасну теорію мінерального синтезу нафти і газу в умовах астеносфери Землі.

Г.Н. Доленко багато сил віддавав удосконаленню організації наукової роботи, пропаганді наукових знань, підготовці кадрів вищої кваліфікації. Під його керівництвом підготовлено сім докторів і 33 кандидати наук – наступне гідне покоління науковців-геологів, які сьогодні успішно працюють, розвиваючи його вчення з фундаментальних теоретичних і прикладних питань нафтогазової геології. Серед його учнів і послідовників – директор Інституту геології і геохімії горючих копалин НАН України, академік НАН України М.І. Павлюк.

За плідну науково-практичну працю, успіхи у розвитку геологічної науки і підготовці наукових кадрів Григорій Назарович відзначений багатьма урядовими нагородами. За міжнародною базою даних ім'я Г.Н. Доленка включено до списку найвидатніших геологів-нафтовиків світу (Павлюк, Назарчук, 2017).

На перших виборах у Відділі наук про Землю і Космос в 1964 р. членами-кореспондентами АН УРСР стали А.Є. Бабинець (гідрогеологія), Г.Н. Доленко (геологія горючих копалин) і А.Г. Колесников (фізика моря) (Палій, Храмов, 2013).

У 1960-х роках в АН УРСР проводилася цілеспрямована робота щодо нарощування експериментальної бази фундаментальних досліджень. Саме в цей час в Інституті геофізики АН УРСР було розпочато вивчення будови земної кори методом глибинного сейсмічного зондування. У 1965 р. науковцями Морського гідрофізичного інституту було створено першу в країні систему збору та оперативної обробки результатів океанографічних спостережень для НДС «Михайло Ломоносов».

Постановою Ради Міністрів УРСР у 1966 р. був заснований Центральний науково-природничий музей АН УРСР у складі Зоологічного, Ботанічного, Геологічного, Палеонтологічного та Археологічного музеїв. Постановою Президії АН УРСР у 1967 р. Сектор географії Інституту геологічних наук був переданий Раді по вивченню продуктивних сил УРСР (Національна..., 2013).

На виборах до АН УРСР у 1965 р. членом-кореспондентом за спеціальністю «фізична хімія» був обраний Р.В. Кучер, який у 1982–1986 рр. очолював Інститут геології і геохімії горючих копалин АН УРСР (Палій, Храмов, 2013).

У 1967 р. Інститутом геологічних наук АН УРСР був змонтований буровий понтон, а вже наступного року побудована плавуча бурова платформа для вивчення рудоносності



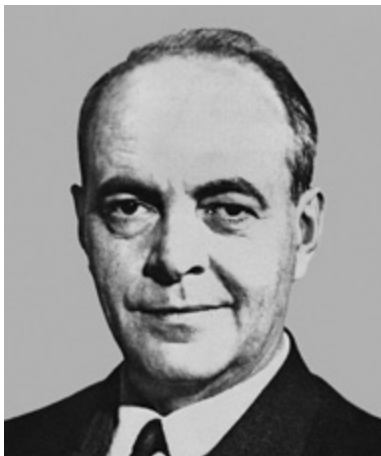
Колесников Аркадій Георгійович (1907–1978) – відомий вчений у галузі гідрофізичних досліджень, доктор фізико-математичних наук (1943), професор (1947), член-кореспондент АН УРСР (1964), академік АН УРСР (1967), лауреат Державної премії СРСР (1970) та Державної премії України в галузі науки і техніки (1979).

Після закінчення у 1930 р. Московського вищого технічного училища та аспірантури Московського державного університету ім. М.В. Ломоносова Аркадій Георгійович деякий час працював науковим співробітником Всесоюзного теплотехнічного інституту, а потім в Інституті теоретичної фізики АН СРСР. З 1944 р. – викладач кафедри фізики моря і вод суходолу фізичного факультету Московського державного університету ім. М.В. Ломоносова, яку згодом очолював (1947–1962). За цей час він підготував 40 кандидатів і шість докторів наук.

Вся подальша наукова діяльність А.Г. Колесникова пов'язана з Морським гідрофізичним інститутом АН УРСР, де він тривалий час перебував на посаді директора (1962–1974). Під його керівництвом було започатковано новий напрям наукової діяльності, пов'язаний з розробкою автоматизованої системи збору, передачі й опрацювання інформації про фізичні поля океану. Були узагальнені результати багаторічних міжнародних досліджень Тропічної Атлантики, практичним завершенням яких стало видання Міжурядовою океанографічною комісією ЮНЕСКО двотомника «Океанографічний атлас Тропічної Атлантики» (1976).

Основні наукові дослідження вченого пов'язані з вивченням океанічної турбулентності в приводному шарі «атмосфера-океан», а також з розробкою гідрофізичних вимірвальних комплексів і автоматизованих систем.

Аркадій Георгійович виконував велику науково-організаційну й громадську роботу, брав участь у роботі багатьох міжнародних нарад, з'їздів, симпозіумів, представляв Україну в міжнародних організаціях. Активна наукова і педагогічна діяльність вченого була відзначена багатьма високими урядовими нагородами. Його ім'я присвоєно НДС «Професор Колесников» (Відділення..., 2003).



Кучер Роман Володимирович (1925–1991) – видатний український фізико-хімік, доктор хімічних наук (1964), професор (1964), член-кореспондент АН УРСР (1965), академік АН УРСР (1972), лауреат премії ім. Л.В. Писаржевського (1975) та Державної премії України у галузі науки і техніки (1993, посмертно).

Після закінчення у 1947 р. Львівського університету Роман Володимирович залишився у ньому працювати. У 1966 р. він організував і очолював відділ радикальних процесів Інституту фізико-органічної хімії та вуглехімії АН УРСР (м. Донецьк) і кафедру фізичної хімії Донецького університету. Ним була створена наукова школа фізико-хіміків, основні наукові напрями якої присвячені дослідженням процесів рідинно-фазового окиснення.

У 1982 р. Р.В. Кучер переїхав до Львова, де очолював Інститут геології і геохімії горючих корисних копалин АН УРСР (1982–1986). Його багатогранна наукова діяльність була пов'язана з дослідженнями колоїдно-хімічних властивостей поверхнево-активних емульгаторів у водних розчинах, вивченням кінетики і механізму процесів рідинно-фазового окиснення органічних сполук. Вченому належить відкриття кінетичного закону накопичення проміжного продукту, що утворюється в ланцюгових реакціях при введенні інгібітору. Велику увагу Роман Володимирович приділяв дослідженням, спрямованим на пошуки, видобування та переробку нафти, газу, кам'яного вугілля і горючих сланців (Нариси..., 2011).

морського шельфу Чорного й Азовського морів. На цих плавзасобах в акваторії Азовського моря було пробурено понад 40 свердловин глибиною до 70 м. На початку 1970-х років було створено перше в Україні науково-дослідне бурове судно «Геохімік», з якого на шельфі північно-західної частини Чорного моря були пробурені десятки свердловин. Отримані унікальні матеріали стали базовими при розробці теоретичних засад пошуку залізних руд, залізо-марганцевих конкрецій та будівельних матеріалів у прибережних районах Чорного й Азовського морів (Гожик, 2020).

По Відділу наук про Землю і Космос АН УРСР на виборах у 1967 р. були обрані: дійсними членами Я.М. Белєвцев (геологія рудних родовищ), А.Г. Колесников (фізика моря), Г.М. Малахов

(гірнична справа); членами-кореспондентами – В.В. Глушко і І.С. Усенко (геологія) та В.Б. Соллогуб (геофізика) (Палій, Храмов, 2013).

У 1968 р. для Морського гідрофізичного інституту АН УРСР у Німеччині було побудовано НДС «Академік Вернадський», у першому рейсі якого вже наступного року були виконані комплексні океанографічні, гідрофізичні і геолого-геофізичні спостереження на східній акваторії Екваторіальної зони Атлантичного океану. Варто зазначити, що експедиційні дослідження на НДС «Академік Вернадський» проводились упродовж 22 років (1969–1991). За цей час в 62 рейсах пройдено понад 1 млн морських миль (цей шлях дорівнює 4,8 відстані від Землі до Місяця), дослідження були виконані майже на 9000 океанографічних станціях (Батраков, 2008).



Малахов Георгій Михайлович (1907–2001) – знаний вчений-новатор у галузі розробки залізо- і марганцеворудних родовищ, доктор технічних наук (1951), професор (1953), академік АН УРСР (1967), лауреат Державної премії СРСР (1948) та України (1970) в галузі науки і техніки та премії ім. В.І. Вернадського АН УРСР (1987). Нагороджений орденом Леніна та нагрудним знаком «Шахтарська слава» трьох ступенів.

Після закінчення у 1930 р. Дніпропетровського гірничого інституту Георгій Михайлович працював начальником дільниці, завідувачем відділу механізації і пневматичного буріння, завідувачем гірничих робіт, головним інженером Інгулецького рудоуправління на Криворізькому залізорудному родовищі. Згодом він очолює гірничий сектор Криворізького науково-дослідного гірничого інституту (1939–1941). Після евакуації Інституту на Урал (1941–1944) Г.М. Малахов працював головним інженером рудника Бакал у Челябінській області, де впроваджував нові технології видобування руд. Протягом 1944–1945 рр. – головний інженер будівництва Дашкесанського рудника в Азербайджанській РСР.

В 1946–1973 рр. Георгій Михайлович проводив дослідження в галузі гірського тиску і керування ним у гірничих роботах у Криворізькому гірничорудному інституті, в якому впродовж 22 років (1951–1973) обіймав посаду ректора. З 1973 р. – завідувач відділу охорони надр, проблем розробки та комплексного використання сировини Інституту геологічних наук АН УРСР.

Георгій Михайлович є автором понад 360 праць, присвячених високоєфективним способам видобування корисних копалин, методам розкриття і підготовки родовищ, розробкам способів буро-підривних робіт, з них 26 монографій та п'ятеро десятка винаходів, які знайшли широке застосування у промисловій розробці рудних родовищ. Останні його наукові інтереси стосувалися циклічно-поточної технології видобування міцних руд і магнетитових кварцитів. Вчений підготував 14 докторів та 73 кандидати наук (Відділення..., 2003).



Глушко Василь Васильович (1920–1998) – відомий геолог-нафтовик, дослідник регіональної тектоніки і нафтогазоносності України, доктор геолого-мінералогічних наук (1966), професор (1967), член-кореспондент АН УРСР (1967), двічі лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (1986, 1994).

Після закінчення в 1942 р. геологічного факультету Воронежського університету Василь Васильович працював начальником геологічного загону в Казахстан-Алтайській експедиції, потім воював на різних фронтах Другої світової війни (1943–1945).

Після війни В.В. Глушко працював на посадах геолога, начальника партії, головного геолога тресту «Львівнафтогазрозвідка». З 1955 по 1979 р. він обійняв посаду заступника директора, а потім працював директором Українського науково-дослідного геологорозвідувального інституту у Львові.

Близько п'яти років Василь Васильович очолював науково-пошукові роботи геологів-нафтовиків у Німеччині і Польщі, де вивчалася геологічна будова басейну Північного моря і суміжних з ним територій. Неодноразово як консультант виїжджав в Болгарію, Угорщину, Польщу, Чехословаччину, Румунію і Марокко для надання допомоги та визначення напрямів геологорозвідувальних робіт на нафту і газ.

Більшість наукових праць вченого присвячено проблемам розташування родовищ нафти і газу, напрямку пошукових робіт та оцінці їх перспектив. Дослідник вирішив низку питань стратиграфії Передкарпатського прогину, регіональної геології Карпат і західної частини Східноєвропейської платформи (Відділення..., 2003).



Соллогуб Всеволод Борисович (1912–1988) – видатний український вчений-геофізик, доктор геолого-мінералогічних наук (1963), професор (1964), член-кореспондент АН УРСР (1967), двічі лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (1984, 1989) та премії ім. В.І. Вернадського АН УРСР (1976).

Після закінчення Дніпропетровського гірничого інституту (за фахом «гірничий інженер-геофізик») трудова діяльність Всеволода Борисовича розпочалася у 1933 р. на посадах оператора, виконроба, начальника геофізичної партії Українського геологічного управління «Укрнафтогазрозвідка». З 1947 по 1949 р. він викладав геофізику у Київському геологорозвідувальному технікумі, а з 1952 по 1955 р. – доцент Київського політехнічного інституту. З 1955 по 1960 р. В.Б. Соллогуб працював старшим науковим співробітником Інституту геологічних наук АН УРСР. Після організації Інституту геофізики АН УРСР у 1960 р. вчений був запрошений С.І. Субботініним на посаду заступника директора з наукової роботи й очільника відділу сейсмометрії, в якому він працював до кінця життя.

Внесок Всеволода Борисовича у розвиток сейсмічних досліджень глибинної будови земної кори території України важко переоцінити. При ньому були започатковані регіональні сейсмічні дослідження глибинної будови земної кори території України, у тому числі Українського щита і Дніпровсько-Донецького авлакогену. Отриманий унікальний матеріал надав можливість вперше побудувати структурні схеми поверхні Мохоровичича, виявити глибинні розломи та обґрунтувати їх зв'язок із підвищеними концентраціями мінеральної сировини.

З 1966 р. учений брав активну участь у програмі робіт Європейської сейсмологічної комісії і комісії всебічної співпраці академій наук соціалістичних країн із проблеми «Планетарні геофізичні дослідження». Результати цього співробітництва викладені під редакцією Всеволода Борисовича у монографіях «Будова земної кори Центральної і Південно-Східної Європи» (1971), «Структура земної кори Центральної і Південно-Східної Європи за даними геофізичних досліджень» (1980) (Відділення..., 2003).



Усенко Іван Степанович (1906–1987) – відомий український вчений у галузі петрографії і мінералогії магматичних і метаморфічних порід, стратиграфії і тектоніки докембрію, доктор геолого-мінералогічних наук (1960), професор (1981), член-кореспондент АН УРСР (1967), заслужений діяч науки і техніки України (1986), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (1981). Учасник Другої світової війни. Нагороджений багатьма бойовими орденами і медалями.

У 1932 р. Іван Степанович закінчив Київський гірничий інститут, потім аспірантуру при цьому інституті. З 1936 р. працював на науковій роботі в Інституті геологічних наук АН УРСР, а у 1949–1968 рр. очолював відділ петрографії.

Після організації Інституту геохімії і фізики мінералів АН УРСР у 1969 р. І.С. Усенко був запрошений на посаду очільника відділу петрографії, в якому працював до кінця життя. Одночасно у 1949–1956 рр. за сумісництвом очолював кафедру петрографії геологічного факультету Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка.

Наукові інтереси Івана Степановича стосувались петрографії магматичних і метаморфічних порід, стратиграфії і тектоніки докембрію, мінералогії породоутворюючих мінералів. Він досліджував основні й ультраосновні породи раннього докембрію. На підставі петрохімічних даних дійшов висновку, що ультраосновні породи Побужжя належать до диференціантів базальтової лави та утворюють єдину офіолітову формацію, в якій виділяються дві субформації – габро-базальтова і габро-перидотитова.

Вчений обґрунтував критерії пошуку нікеленосних ультрабазитів Українського щита, пов'язаних з основними породами. Також він зробив вагомий внесок у теорію гранітоутворення і гіпотезу походження чарнокітів.

Найбільшу популярність Іван Степанович здобув як засновник нового наукового напрямку – петромінералогії. Варто також зазначити його ініціативу стосовно розвитку в Україні нової галузі промисловості – кам'яного лиття. Він виконав дослідження речовинного складу та оцінив запаси петрургійної сировини, зокрема амфіболітів Українського щита (Відділення..., 2003).

Немаловажною подією 1960-х років слід вважати початок будівництва Академмістечка в Києві у складі житлового масиву і шести будівель інститутів, зокрема Інституту геофізики та Інституту геохімії і фізики мінералів АН УРСР, який був створений у 1969 р. (Наукові..., 2013).

8 травня 1969 р. ЦК Компартії України і Рада Міністрів УРСР прийняли постанову про

заснування Державної премії УРСР у галузі науки і техніки (Національна..., 2013).

У 1969 р. Є.К. Лазаренко був обраний дійсним членом АН УРСР за спеціальністю «мінералогія», а членами-кореспондентами стали В.І. Беляєв і О.М. Маринич (фізична географія) та О.С. Поваренних (кристалохімія мінералів) (Палій, Храмов, 2013).



Інститут геохімії і фізики мінералів АН УРСР створений постановою Ради Міністрів УРСР від 23 грудня 1968 р. та Президії АН УРСР від 9 січня 1969 р. на базі об'єднання двох окремих підрозділів Інституту геологічних наук АН УРСР – сектору геохімії, мінералогії, петрографії, корисних копалин і сектору металогенії.

Засновником Інституту та його першим директором був академік АН України М.П. Семененко, який об'єднав в Інституті дослідників рудно-петрографічного і мінералого-геохімічного напрямів та фахівців з фізики твердого тіла, електронно-мікроскопічних, спектроскопічних, рентгеноструктурних, ізотопно-геохімічних та інших методів дослідження мінеральної речовини.

У 1993 р. у зв'язку з посиленням рудно-металогенічного напрямку постановою Президії АН України цей інститут було перейменовано в Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення, а у 2006 р. йому було присвоєно ім'я М.П. Семененка (Наукові..., 2013).

В Інституті отримали розвиток такі наукові школи: петрологічна (член-кореспондент АН УРСР І.С. Усенко); ізотопної геохімії і геохронології (академік АН УРСР М.П. Семененко); регіональної, генетичної мінералогії і фізики мінералів (академік АН УРСР Є.К. Лазаренко, О.С. Поваренних і член-кореспондент АН УРСР І.В. Матяш); літології і пошукової геохімії (академік АН УРСР Л.Г. Ткачук і професор Є.І. Куковський).

Інститут є провідним закладом з питань розвитку таких напрямів геологічної науки, як геохронологія і стратиграфія докембрію, регіональна та генетична мінералогія, геологія і геохімія рудних родовищ, петрологія, пошукова та екологічна геохімія. Інститут має відповідне обладнання і досвід роботи для вирішення актуальних проблем вітчизняної геологічної науки: розробки мінералого-петрографічних і геохімічних критеріїв прогнозу і пошуків родовищ чорних, кольорових, благородних та рідкісних металів, впровадження геохімічних методів пошуків у практику геологорозвідувальних робіт, прогнозу екологічної стійкості ландшафтів до техногенного навантаження і виявлення зон екологічного ризику за геохімічними даними, дослідження в галузі спектроскопії мінеральної речовини, радіаційної стійкості мінералів і порід (Відділення..., 2003).

З 1977 р. Інститут очолював академік НАН України М.П. Щербак, який у 2008 р. передав повноваження директора Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка своєму учню – на той час члену-кореспонденту НАН України О.М. Пономаренку.



Беляєв Валерій Іванович (1931–1999) – видатний вчений у галузі океанології, фахівець з математичного моделювання складних систем в атмосфері, гідросфері та техносфері, доктор фізико-математичних наук (1964), професор (1969), член-кореспондент АН УРСР (1969), академік АН УРСР (1988), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (2000, посмертно).

Після закінчення фізичного факультету Московського державного університету ім. М.В. Ломоносова (1949–1954) Валерій Іванович працював в Інституті прикладної геофізики АН СРСР. З 1962 р. – в системі Академії наук України: завідувач відділу та заступник директора Морського гідрофізичного інституту АН УРСР (1962–1973), завідувач відділу математичного моделювання Інституту біології південних морів ім. О.О. Ковалевського (1973–1981), завідувач відділу оптики і біофізики океану Морського гідрофізичного інституту АН УРСР (1981–1999). У 1992 р. вчений очолює Кримське відділення АН УРСР, у складі якого організував і став директором Наукового центру з проблем моделювання в екології та рекреаційної географії АН УРСР.

На основі оригінального підходу, що ґрунтується на лагранжевому уявленні рівнянь стану у фазовому просторі параметрів, Валерій Іванович розробив ефективний метод опису геофізичних явищ, зумовлених фазовими переходами. Він вивчав океан як складну систему, стан якої формується в результаті взаємодії фізичних, хімічних і біологічних процесів, а також в умовах антропогенних навантажень. Ним була створена низка логіко-інформаційних моделей екологічних і еколого-економічних систем, зокрема фізіологічних процесів у тканинах організмів морських тварин при взаємодії з навколишнім середовищем, екосистем шельфу Чорного моря та його сірководневої зони, системи «місто-навколишнє середовище», еволюції Сонячної системи та ін. На їх основі були розроблені комп'ютерні програмні системи управління розвитком прибережних морських регіонів (Відділення..., 2003).



Маринич Олександр Мефодійович (1920–2008) – відомий український географ-геоморфолог, державний і громадський діяч, доктор географічних наук (1961), професор (1962), член-кореспондент АН УРСР (1969), заслужений діяч науки і техніки України (1991), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (1993).

На початку Великої Вітчизняної війни Олександр Маринич – студент геолого-географічного факультету Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка – брав участь в обороні Києва, був поранений і направлений до госпіталю в м. Казань. У 1942 р. він закінчив Казанський університет за спеціальністю «географ-геоморфолог», вступив до аспірантури, а потім знову повернувся на фронт і брав участь у бойових діях у складі танкових військ.

Після закінчення війни О.М. Маринич навчався в аспірантурі геологічного факультету Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка, яку успішно закінчив у 1948 р. Згодом працював в цьому університеті доцентом кафедри геоморфології (1949–1955), завідувачем кафедри фізичної географії (1956–1971), деканом географічного факультету (1956–1968), проректором з навчальної роботи (1968–1971).

Упродовж 1971–1979 рр. Олександр Мефодійович очолював Міністерство освіти УРСР. З 1979 по 1989 р. керував Сектором, згодом – Відділенням географії (знаходились у підпорядкуванні Інституту геофізики і Морського гідрофізичного інституту АН УРСР) та був одним із засновників створеного на його базі в 1991 р. самостійного Інституту географії АН УРСР.

Найбільше відомі наукові праці О.М. Маринича з геоморфології і фізичної географії, ландшафтознавства, фізико-географічного районування України, історії географічної науки. За його ініціативою та активною участю видано третю томну «Географічну енциклопедію України». Ця одна з перших галузевих енциклопедій її досі є неперевершеним зібранням інформації про природу, економіку, суспільне життя України. Без усяких сумнівів, Олександр Мефодійович Маринич був яскравою і багатогранною особою, надзвичайно цікавою і талановитою людиною, великим ученим і чудовим адміністратором, гордістю української географічної науки (Відділення..., 2003; О.М. Маринич..., 2015).



Поваренних Олександр Сергійович (1915–1986) – знаний вчений у галузі мінералогії і кристалохімії, доктор геолого-мінералогічних наук (1957), професор (1969), член-кореспондент АН УРСР (1969), академік АН УРСР (1973), заслужений діяч науки і техніки України (1975), лауреат премії ім. В.І. Вернадського АН УРСР (1975) та Державної премії України в галузі науки і техніки (1983). Учасник Великої Вітчизняної війни.

У 1932 р. Олександр Сергійович поступив до Ташкентського геологорозвідувального технікуму, а у 1935 р. – на гірничий факультет Середньо-азіатського індустріального інституту, який успішно закінчив у 1940 р. У роки Вітчизняної війни воював на Ленінградському фронті.

Після закінчення війни навчався в аспірантурі Ленінградського гірничого інституту. Згодом працював доцентом і професором Криворізького гірничорудного інституту. В 1960 р. переїхав до Києва, де очолив відділ мінералогії і кристалохімії спочатку в Інституті геологічних наук (1960–1969), а потім в Інституті геохімії і фізики мінералів АН УРСР (1969–1986), в якому працював до кінця життя.

Основні проблеми мінералогії Олександр Сергійович розглядав з позицій динамічності кристалографії. Він узагальнив і проаналізував величезний експериментальний матеріал по мінералогії, на підставі якого опрацював новітню теорію кристалохімії мінералів. Одержані результати опубліковані в його монографії «Кристалохімічна класифікація мінеральних видів» (1966), яку було видано також у США. За цю роботу вчений був удостоєний премії ім. В.І. Вернадського АН УРСР.

Олександр Сергійович глибоко дослідив і опрацював кристалохімічну теорію однієї з найважливіших властивостей мінералів – міцності та одержав головну її формулу. Розглянув також інші властивості мінералів та їх залежність від конституційних особливостей мінералу. Багато уваги вчений приділяв вивченню коливальних спектрів кристалів, головним чином мінералів. Запропоноване ним універсальне рівняння для визначення силової константи дозволяє широко використовувати методи інфрачервоної спектроскопії для вирішення важливих задач, починаючи з теоретичних проблем і ранньої діагностики мінералів і закінчуючи виявленням типоморфних ознак і розробкою генетичної мінералогії. Своє бачення майбутнього у вивченні мінеральної речовини вчений виклав у книзі «Мінералогія: минуле, дійсне і майбутнє» (1985).

Олександр Сергійович Поваренних був почесним членом Всесоюзного та Українського мінералогічних товариств, дійсним членом мінералогічних товариств Великої Британії, Ірландії, Франції, Італії, США, Канади та Японії (Відділення..., 2003).

Постановою Президії АН УРСР у 1970 р. Сектор географії Ради по вивченню продуктивних сил УРСР був переданий у підпорядкування Інституту геофізики АН УРСР (Національна..., 2013). Ученим секретарем Відділу наук про Землю і Космос АН УРСР була призначена кандидат біологічних наук Н.Л. Корнієць.

У 1970 р. Е.Б. Чекалюком зі співробітниками Інституту геології і геохімії горючих копалин АН УРСР було відкрито явище розчинності нафти у воді і розроблено технологію її добування водяним терморозчинником. Найвагомим результатом цього періоду є відкриття, експериментальне та теоретичне дослідження у Тропічній Атлантиці екваторіальної протитечії, названої на честь М.В. Ломоносова. У 1970 р. група вчених Морського гідрофізичного інституту АН УРСР (С.Г. Богуславський, Г.Н. Григор'єв, Г.П. Пономаренко, А.С. Саркісян, О.І. Фельзенбаум, Н.К. Ханайченко) на чолі з директором інституту академіком АН УРСР А.Г. Колесниковим була відзначена Державною премією СРСР за цю надзвичайно актуальну на той час роботу, яка зберегла свою значущість дотепер. У 1974 р. за геологічні дослідження присуджено Державну премію СРСР Я.М. Бєлевцеву (Національна..., 2013).

Державні премії УРСР у галузі науки і техніки першими у Відділі наук про Землю отримали: Г.М. Малахов (1970) – за докорінне вдосконалення методів підземної розробки потужних рудних родовищ; Г.Н. Доленко і В.Б. Порфир'єв (1971) – за обґрунтування розвідування і відкриття нафтових та газових родовищ на великих глибинах у Дніпровсько-Донецькій западині і в Прикарпат-

ському регіоні; С.І. Субботін і З.О. Крутиховська (1972) – за розробку і впровадження методики геологічного картування, розвідування і вивчення глибинної будови родовищ Української залізорудної провінції геофізичними методами; М.П. Семененко, Я.М. Бєлевцев, Г.І. Каляєв, В.І. Скаржинський (1973) – за розробку теоретичних основ металогенії докембрію Українського щита і складання металогенічної і прогнозної карти України і Молдавії (Палій, Храмов, 2013).

На Загальних зборах АН УРСР у квітні 1971 р. було прийнято постанову про перейменування Відділів АН УРСР на Відділення, а у березні 1972 р. Відділення наук про Землю і Космос було перейменовано на Відділення наук про Землю АН УРСР.

Постановами Ради Міністрів УРСР і Президії АН УРСР у 1972 р. засновано премію ім. В.І. Вернадського за видатні наукові роботи в галузі геології, геофізики і гідрофізики, яку першими отримали: О.С. Поваренних (1973) – за монографію «Кристалохімічна класифікація мінеральних видів»; Ю.П. Мельник (1974) – за монографію «Фізико-хімічні умови утворення докембрійських залізистих кварцитів»; І.С. Усенко, І.Б. Щербаков, А.П. Заєць (1975) – за монографію «Біотити докембрію» (Національна..., 2013).

У першій половині 1970-х років по Відділенню наук про Землю були обрані дійсними членами АН УРСР Л.Г. Ткачук (геологія, 1972) та О.С. Поваренних (кристалохімія мінералів, 1973), членами-кореспондентами – М.Р. Ладиженський (геологія горючих копалин, 1972), В.Я. Дідковський (геологія, 1973) та А.В. Чекунов (геофізика, 1973) (Палій, Храмов, 2013).



Ткачук Лук'ян Григорович (1902–1981) – видатний вчений у галузі літологічного, петрологічного і петрогенетичного вивчення гірських порід, доктор геолого-мінералогічних наук (1945), професор (1945), академік АН УРСР (1972). Учасник Великої Вітчизняної війни.

Навчався на факультеті професійної освіти геолого-географічного циклу Вінницького інституту народної освіти, а потім перейшов до Київського інституту народної освіти, який закінчив у 1926 р.

Трудову діяльність Лук'ян Григорович розпочав в Українському відділенні Геолкому (1926–1929), згодом працював доцентом Київського гірничо-геологічного інституту (1931–1935) і Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка (1935–1941).

У 1938–1941 рр. Л.Г. Ткачук очолював сектор петрографії Інституту геологічних наук АН УРСР. Після війни працював у Львові: завідувач лабораторії Інституту геології і геохімії горючих копалин АН УРСР і завідувач кафедри Політехнічного інституту (1945–1961). Згодом повернувся до Києва і працював завідувачем відділів петрографії Інституту геологічних наук (1961–1968) та Інституту геохімії і фізики мінералів АН УРСР (1968–1981).

Основний напрям наукових досліджень вченого – вивчення речовинного складу, структурно-текстурних особливостей, петрографічних відмін у породах магматичних і метаморфічних комплексів Українського щита, а також осадових і осадово-вулканогенних формацій (переважно Карпат). Лук'ян Григорович – один з основоположників літології осадових порід, брав участь у складанні перших геологічних, тектонічних і літолого-палеогеографічних карт України (Відділення..., 2003).



Ладиженський Микола Романович (1906–1975) – відомий дослідник геології і нафтогазоносності Карпатського регіону, доктор геолого-мінералогічних наук (1955), професор (1956), член-кореспондент АН УРСР (1972).

Микола Романович навчався у Краківській гірничій академії, по закінченні якої у 1936 р. одержав диплом гірничого інженера. Трудову діяльність розпочав у 1937 р. геологом, а згодом головним геологом у нафтовому акціонерному товаристві «Піонер» (з 1940 р. – трест «Укрнафторозвідка») у Львові.

У 1951 р. М.Р. Ладиженський переходить працювати в щойно створений Інститут геології корисних копалин АН УРСР (нині – Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України) на посаду заступника директора з наукової роботи. У 1959 р. вчений очолює відділ геології нафтових і газових родовищ, реорганізований у 1963 р. у відділ регіональної геології нафтогазоносних областей УРСР. Після його ліквідації у 1969 р. до останніх днів життя Микола Романович очолював новостворений відділ горючих сланців.

Починаючи з 1945 р. М.Р. Ладиженський поєднував науково-організаційну діяльність з викладацькою роботою на нафтовому факультеті Львівського політехнічного інституту, де обіймав посади асистента, старшого викладача, доцента і професора.

Вчений створив нові аргументовані уявлення про будову, тектонічне районування та історію геологічного розвитку Карпат у цілому та окремих нафтогазоносних зон. Також він сформував проблематику практичного використання карпатських мелінітових сланців, виконав основоположні роботи, що висвітлюють умови їхнього залягання, фаціальну мінливість та запаси. Його монографія «Геологія і нафтогазоносність Радянського Передкарпаття» (1955) тривалий час була настільною книгою і довідником усіх карпатських геологів (Відділення..., 2003).

Наприкінці 1970-х – на початку 1980-х років в АН УРСР були створені регіональні наукові центри, які певною мірою координували дослідження як в академічних інститутах, так і в університетах регіонів. Саме тоді українська природнича наука ознаменувалась інтенсивним ростом наукових досліджень в установах Відділення наук про Землю. Фундаментальне значення мали праці з теоретичної та регіональної мінералогії та загальної геології Інституту геологічних наук АН УРСР. Також була обґрунтована нова геотектонічна теорія – тектоорогенія, вчення про планетарні розломи літосфери Землі та їх закономірного загальнопланетарного розташування, зокрема гіпотеза про вихрові структури земної кори.

Принципово новими були наукові напрями – абсолютна геохронологія, кристалохімія мінералів, рудоутворення в новоствореному Інституті геохімії і фізики мінералів АН УРСР.

Інститутом геофізики АН УРСР виконувалися міжнародні сейсмічні дослідження на території Центральної та Східної Європи, де зосереджені практично всі різновиди тектонічних структур і геодинамічних режимів континентальної літосфери Землі. У результаті було вивчено структурний взаємозв'язок різноманітних поверхів тектоносфери та її неоднорідностей, проведено районування регіонів за сукупністю глибинних

геолого-геофізичних ознак, досліджено динаміку літосфери, її структуру і петрологічну еволюцію, вулканізм, метаморфізм і рудоутворення.

У галузі комплексного вивчення геологічної будови й оцінки потенційних ресурсів нафти і газу Карпатської, Дніпровсько-Донецької і Причорноморсько-Кримської нафтогазоносних провінцій України велике теоретичне і практичне значення мали розроблені ученими Інституту геології і геохімії горючих копалин АН УРСР гідрогеохімічні показники нафтогазоносності за мінеральним, органічним та ізотопним складом водню і кисню підземних вод та з'ясування їх ролі у формуванні нафтових і газових родовищ.

У січні 1974 р. на базі лабораторії сейсмо-гідроакустики Львівської філії математичної фізики Інституту математики АН УРСР було створено Одеське відділення гідроакустики, яке у 1977 р. було передано в підпорядкування Морського гідрофізичного інституту АН УРСР. Основними науковими напрямами Відділення були визначені дослідження з гідроакустики народногосподарського та спеціального призначення (Національна..., 2013).

У 1974 р. ученим секретарем Відділення наук про Землю АН УРСР був призначений кандидат геолого-мінералогічних наук Д.А. Лєсної (1974–1976).



Дідковський Валентин Якович (1914–1995) – відомий палеонтолог-стратиграф, доктор геолого-мінералогічних наук (1965), професор (1972), член-кореспондент АН УРСР (1973), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (1976). Учасник Великої Вітчизняної війни – льотчик-штурман авіаційного загону. За виконання військових завдань нагороджений орденами Червоного Прапора (1942) та Вітчизняної війни II ступеня (1945), а також численними медалями.

Після закінчення геологічного факультету Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка (1938) Валентин Якович працював в Інституті геологічних наук АН УРСР: науковий співробітник (1938–1969), завідувач відділу палеонтології і стратиграфії кайнозойських відкладів (1969–1986), заступник директора (1969–1972), директор (1973–1977), старший науковий співробітник-консультант (1986–1992), радник при дирекції (1992–1995).

Наукові праці В.Я. Дідковського присвячені переважно стратиграфії, палеонтології і палеобіомії неогенових відкладів півдня України і Молдови, а також мезо-кайнозойським відкладам Дніпровсько-Донецької западини у зв'язку з їх нафтоносністю. Він брав безпосередню участь в експедиційних роботах з геологічного обґрунтування побудови траси Південноукраїнського каналу і проєкті Каховської ГЕС. Вагомий внесок зроблено вченим у вивчення фауни форамініфер Чорного, Азовського, Каспійського і Середземного морів. Вчений був учасником міжнародних науково-дослідних рейсів НДС «Михайло Ломоносов», під час яких вивчав літологію, геологічні властивості донних відкладів, закономірності поширення форамініфер у Тихому, Атлантичному та Індійському океанах.

Валентин Якович – співавтор Атласу літолого-палеогеографічних карт Східно-Європейської платформи та її геосинклінального обрамлення, літолого-палеогеографічних карт СРСР та УРСР (1958–1966), збірників «Викопні фауна і флора УРСР» (1974) та «Стратиграфія УРСР», журналу «Тектоніка і стратиграфія» (Відділення..., 2003).



Чекунов Анатолій Васильович (1932–1996) – видатний український вчений у галузі комплексного дослідження глибинної будови літосфери геофізичними методами. Доктор геолого-мінералогічних наук (1972), професор (1973), член-кореспондент АН УРСР (1973), академік АН УРСР (1979), двічі лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (1984, 1995).

Після закінчення з відзнакою геологічного факультету Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка в 1954 р. Анатолій Васильович продовжив у ньому навчання в аспірантурі під керівництвом відомого геолога, професора О.Л. Ейнора і в 1958 р. захистив кандидатську дисертацію. У 1957–1959 рр. працював у Науково-дослідному секторі Київського університету.

З 1959 р. вся подальша наукова діяльність вченого була безвідривно пов'язана з АН України. Починав він науковим співробітником Інституту геологічних наук, а у 1960 р. перейшов працювати до новоствореного Інституту геофізики АН УРСР, де пройшов шлях від старшого наукового співробітника до директора інституту (1976–1991). Упродовж 1983–1988 рр. обіймав посаду академіка-секретаря Відділення наук про Землю АН УРСР.

Наукові дослідження Анатолія Васильовича стосуються вивчення глибинної будови та еволюції земної кори, геотектоніки, геологічної інтерпретації геофізичних даних. У 1971 р. він успішно захистив у Московському державному університеті ім. М.В. Ломоносова докторську дисертацію на тему «Будова земної кори і деякі питання тектоніки півдня європейської частини СРСР». Близькі дослідження по вивченню глибинної будови літосфери Землі дозволили йому дійти до створення еволюційної низки геоструктур – перманентної проблеми геотектоніки.

Протягом п'яти років А.В. Чекунов очолював штаб геологічної академічної науки України, будучи в 1983 р. обраним академіком-секретарем Відділення геології, геохімії та геофізики АН УРСР, яке з його ініціативи було перейменовано у Відділення наук про Землю. На цій високій посаді проявились його організаційні здібності в стимулюванні і підтримці актуальних наукових напрямів.

Для координації робіт з тектоніки території України Анатолій Васильович створив Наукову раду «Тектоносфера України». Під його керівництвом упродовж 1985–1990 рр. виконувався міжнародний проєкт «Комплексні геофізичні дослідження літосфери Центральної і Східної Європи». Фундаментальні результати цього проєкту опубліковані під його редакцією у восьмитомній монографії «Літосфера Центральної і Східної Європи»: «Геотраверси I, II, V» (1987), «Геотраверси IV, VI, VIII» (1988), «Геодинаміка» (1988), «Східно-Європейська платформа» (1989), «Методика і результати комплексної інтерпретації» (1992), «Геотраверси III, VII, IX» (1993), «Узагальнення результатів досліджень» (1993), «Молоді платформи і Альпійський складчастий пояс» (1994).

У зв'язку зі станом здоров'я Анатолій Васильович у 1991 р. прийняв непросте для себе рішення покинути посаду директора Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна АН УРСР і залишався очільником відділу геологічних проблем глибинної геофізики до кінця життя (Старостенко и др., 2022).

Період активного розвитку Відділення наук про Землю у 1976–1990 рр.

16 січня 1976 р. ми втратили видатного вченого та надзвичайно чудову людину, фундатора і директора Інституту геофізики АН УРСР, засновника та першого академіка-секретаря Відділу наук про Землю і Космос АН УРСР Серафіма Івановича Субботіна. Цього ж року йому посмертно була присуджена премія ім. В.І. Вернадського за цикл робіт «Структура земної кори» у співавторстві з В.Б. Соллогубом і А.В. Чекуновим. Постановою Президії АН УРСР від 12 квітня 1978 р. Інституту геофізики АН УРСР було присвоєно ім'я С.І. Субботіна.

У 1976 р. ученим секретарем Відділення наук про Землю АН УРСР був призначений кандидат геолого-мінералогічних наук В.М. Палій (1976–1981), а академіком-секретарем Відділення наук про Землю АН УРСР у 1978 р. був затверджений академік АН УРСР М.П. Щербак.

У вересні 1977 р. у Києві відбувся XI Міжнародний конгрес Карпато-Балканської геологічної асоціації, в якому значна частина доповідей належала українським вченим. У 1978 р. Сектор географії Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна АН УРСР опублікував «Атлас природних умов і природних ресурсів України». У 1979 р. вийшли перші номери «Геофізичного журналу» Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна АН УРСР та «Мінералогічного журналу» Інституту геохімії і фізики мінералів АН УРСР (з 2006 р. – Ін-

ституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України) (Національна..., 2013).

Лауреатами Державної премії України в галузі науки і техніки стали: В.Г. Бондарчук, В.Я. Дідковський, Д.Є. Айзенберг, І.М. Ямніченко, О.В. Крашенинникова, О.К. Каптаренко-Черноусова, Г.І. Молякко, В.Т. Сябрай, П.Л. Шульга і Т.Ю. Лапчик (1976) – за багатотомну монографію «Стратиграфія УРСР», опубліковану в 1963–1975 рр.; Б.О. Нелепо, А.Г. Колесников, М.З. Хлистов, І.Є. Тимченко та О.О. Новоселов (1979) – за працю «Системні дослідження Тропічної Атлантики» (Національна..., 2013).

Премією ім. В.І. Вернадського АН УРСР були відзначені: Г.Н. Доленко (1977) – за серію робіт «Закономірності нафтогазонакопичення в земній корі»; Р.Я. Белєвцев – за монографію «Проблеми метаморфічної зональності докембрію» (1978); О.С. Вялов (1979) – за серію робіт по викопних слідах життєдіяльності організмів (Національна..., 2013).

У 1978 р. Указом Президії Верховної Ради СРСР за великі заслуги в розвитку геологічної науки, підготовці наукових кадрів і в зв'язку з 70-річчям з дня народження В.С. Соболеву присвоєно звання Героя Соціалістичної Праці.

У другій половині 1970-х років по Відділенню наук про Землю членами-кореспондентами АН УРСР були обрані Б.О. Нелепо (фізика моря, 1976), М.П. Щербак (геологія, 1976), Є.Ф. Шнюков (геологія, 1978), Ю.П. Мельник, І.І. Чебаненко, Л.В. Черкесов (геологія і геофізика, 1979) (Палій, Храмов, 2013).



Нелепо Борис Олексійович (1932–2007) – знаний вчений у галузі фізики моря, доктор фізико-математичних наук (1969), професор (1969), член-кореспондент АН УРСР (1976), академік АН УРСР (1978), лауреат Державної премії України (1979) та СРСР (1989) в галузі науки і техніки.

Закінчив фізичний факультет Московського державного університету ім. М.В. Ломоносова (1955). Від 1963 р. (з перервою – в 1970–1974 рр. очолював відділ Інституту океанології ім. П.П. Ширшова) працював у Морському гідрофізичному інституті АН УРСР: завідувач відділу ядерної гідрофізики (1963–1970), директор (1974–1985). У 1981–1983 рр. – засновник і академік-секретар Відділення океанології і географії АН УРСР. Від 1986 р. працював в Інституті фізики атмосфери АН СРСР (м. Москва).

Під його керівництвом вченими Морського гідрофізичного інституту були одержані фундаментальні результати у вивченні закономірностей формування клімату океану та його взаємодії з атмосферою, циркуляції вод тропічних регіонів, мезомасштабної та синоптичної мінливості гідрофізичних полів, їх тонкої структури, динаміки поверхневих і внутрішніх гравітаційних хвиль, а також у галузі гідрооптики, ізотопної та фізичної хімії моря. За цикл праць «Системні дослідження Тропічної Атлантики» вчені Інституту на чолі з Борисом Олексійовичем були відзначені в 1979 р. Державною премією УРСР.

Б.О. Нелепо започаткував новий унікальний за інформаційними можливостями науковий напрям досліджень – супутникову гідрофізику. Під його керівництвом були здійснені перші комплексні довгострокові експерименти з дистанційного зондування океану з використанням океанографічних супутників. За ці дослідження йому та Ю.В. Терьохіну в 1989 р. була присуджена Державна премія СРСР.

Наукові праці Бориса Олексійовича стосуються експериментальної та ядерної гідрофізики, автоматизації океанографічних досліджень, створення теоретичних засад, технічних методів та засобів дистанційного дослідження океану за допомогою штучних супутників Землі. Його результати з ядерної гідрофізики відіграли певну роль при підготовці Міжнародного договору про заборону випробувань ядерної зброї в атмосфері, космосі і під водою (Відділення..., 2003; НАН України..., 2018).



Щербак Микола Петрович (1924–2018) – видатний вчений у галузі петрології, мінералогії та ізотопної геохронології докембрійських формацій, доктор геолого-мінералогічних наук (1972), професор (1976), член-кореспондент АН УРСР (1976), академік АН УРСР (1979), заслужений діяч науки і техніки України (1995), двічі лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (1981, 1998).

Після закінчення Донецького політехнічного інституту (1947) трудову діяльність Микола Петрович розпочав у складі Микитівської геологорозвідувальної партії тресту «Артемгеологія». З 1948 р. – старший геолог, згодом очолював кілька геологічних партій Північно-Східного геологічного управління Міністерства геології СРСР. З 1955 р. працював науковим співробітником, а з 1965 р. – завідувачем відділу абсолютного віку та ядерних процесів Інституту геологічних наук АН УРСР.

У 1969 р. вчений переходить на роботу в Інститут геохімії і фізики мінералів АН УРСР, а у 1977 р. його призначають директором інституту. Як директор Микола Петрович сконцентрував багатопрофільну наукову тематику Інституту на двох головних важливих проблемах – 1) еволюція ендеогенних процесів у докембрій і перспективи рудоносності Українського щита та 2) еколого-геохімічне районування і прогнозування еколого-хімічного стану в Україні. Академік-секретар Відділення наук про Землю (1976–1980) і Відділення геології, геофізики та геохімії АН УРСР (1980–1983).

М.П. Щербак – засновник єдиної в Україні ізотопно-геохронологічної лабораторії з визначення віку гірських порід K-Ar, Rb-Sr, U-Pb та Sm-Nd методами. Сфера його наукових інтересів охоплює також проблеми формування та еволюції ранньої континентальної кори і літосфери, пошуків родовищ вуглеводнів на основі дослідження складу водню та кисню в підземних водах нафтогазоносних районів, пошуків родовищ золота, рідкісноземельних металів, алмазів. Микола Петрович – автор понад 400 наукових робіт, серед них шість монографій, які стосуються головним чином питань петрогенезису і геохронології гірських порід України. Підготував 15 кандидатів і п'ять докторів наук.

М.П. Щербак був головою комісії Національного стратиграфічного комітету України, керівником Мінералогічної комісії Карпато-Балканської геологічної асоціації (1975–1995) (Відділення..., 2003; НАН України..., 2018).



Шнюков Євген Федорович (1930–2022) – видатний вчений-геолог, доктор геолого-мінералогічних наук (1966), професор (1970), член-кореспондент АН УРСР (1978), академік АН УРСР (1982), заслужений діяч науки і техніки України (1991), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (1989).

Значна частина творчого життя Євгена Федоровича тісно пов'язана з Інститутом геологічних наук НАН України, де він пройшов шлях від аспіранта (1953–1956) до заступника директора з наукової роботи (1968–1969), а потім упродовж 17 років очолював Інститут (1977–1992). Незначний час (1957–1959) працював молодшим науковим співробітником Інституту мінеральних ресурсів АН УРСР у м. Сімферополь, а також заступником директора з наукової роботи Інституту геохімії і фізики мінералів АН УРСР (1969–1973).

Головним об'єктом наукових досліджень Євгена Федоровича була Азово-Чорноморська залізородна провінція, зокрема Керченський залізородний басейн. Під час вивчення класичних залізородних родовищ Керченського півострова вчений не тільки звернув увагу на зв'язок між залізородним процесом і грязьовим вулканізмом, а й висунув гіпотезу про зв'язок з грязьовим вулканізмом нафтогазоносності і промислового рудоутворення в Керченсько-Таманському регіоні. Завдяки ентузіазмові та організаційному таланту Євгена Федоровича в 1964 р. розпочалися геологічні дослідження Азовського моря і чорноморського шельфу України та суміжних країн з використанням спеціалізованого геологічного судна «Геохімік».

В 1992 р. Є.Ф. Шнюков заснував і по 2018 р. очолював Відділення морської геології та осадового рудоутворення при Національному науково-природничому музеї НАН України, директором якого він за сумісництвом працював 30 років (1978–2008). В 2019 р. Відділення стає самостійною Державною науковою установою НАН України (нині – ДУ «Центр проблем морської геології, геоєкології та осадового рудоутворення НАН України»), де він до останнього часу плідно працював.

Євген Федорович був одним із світових лідерів фундаментальних і прикладних напрямів досліджень з морської геології, металогенії, літології та мінералогії Світового океану, зокрема Азово-Чорноморського басейну, засновником всесвітньо відомої Української наукової школи з морської геології та осадового рудоутворення. Його наукові інтереси охоплювали широкий спектр проблем сучасної геологічної науки. Серед них – формування осадових родовищ корисних копалин, газо-грязьовий вулканізм, геологічна будова і мінеральні ресурси Світового океану. Вчений був організатором перших вітчизняних комплексних геолого-геофізичних досліджень на НДС «Академік Вернадський» в Індійському та Атлантичному океанах (Гожик, 2020).



Мельник Юрій Петрович (1931–2009) – знаний вчений-геохімік у галузі геології, мінералогії і рудоутворення, доктор геолого-мінералогічних наук (1973), професор (1979), член-кореспондент АН УРСР (1979), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (1998).

Закінчив геологічний (1954) та хімічний (1968) факультети Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка. Навчався в аспірантурі і працював в Інституті геологічних наук АН УРСР, де захистив кандидатську дисертацію.

З 1969 до 1996 р. Юрій Петрович працював в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення, а від 1996 р. – в Інституті геохімії навколишнього середовища НАН України. У 1977–1987 рр. – заступник академіка-секретаря Відділення наук про Землю АН УРСР. У 1992–1995 рр. – заступник та у 1995–1998 рр. – голова експертної ради ВАК України.

Основний напрям наукових досліджень Ю.П. Мельника тісно пов'язаний з розробкою фундаментальних проблем геології, мінералогії та рудоутворення на основі геолого-геохімічних, мінералогічних, експериментальних і термодинамічних даних. Як фундатор наукового напрямку на стику геологічних наук і фізичної хімії – експериментальної мінералогії, він уперше в світі запропонував акумуляційну біогеохімічну модель утворення докембрійських залізисто-кременистих порід і руд. Юрій Петрович розробив систему погоджених термодинамічних констант мінералів заліза і магнію та запропонував новий метод прогнозування властивостей реальних газів за високих температур і тисків, теоретично обґрунтував і експериментально пояснив глибинні процеси карбонатизації.

Розробки вченого дали змогу визначити фізико-хімічні умови переносу урану, торію та вольфраму у водних розчинах і закономірності їх осадження. В останні роки основні наукові інтереси Юрія Петровича були сфокусовані на сучасних проблемах геохімії техногенезу та практичному вирішенні завдань збереження чистоти довкілля (Відділення..., 2003).



Чебаненко Іван Ілліч (1925–2012) – видатний геолог-тектоніст, доктор геолого-мінералогічних наук (1975), професор (1979), член-кореспондент АН УРСР (1979), академік АН УРСР (1982), заслужений діяч науки і техніки України (1991), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (1992).

З березня 1944 р., після звільнення Миколаєва, в складі Запорізької Червонопрапорної ордена Суворова стрілецької дивізії брав участь у форсуванні р. Дністер, в Ясько-Кишинівській операції, боях у Румунії і Болгарії.

Після закінчення геологічного факультету Одеського державного університету ім. Мечникова (1948–1953) Іван Ілліч працював інженером-геологом у Ворошиловградському гірничому окрузі. В 1955–1957 рр. навчався в аспірантурі при Інституті геологічних наук АН УРСР під керівництвом В.Г. Бондарчука. У 1958 р. захистив кандидатську дисертацію «Тектоніка Лисичанського підняття північно-західної окраїни Донецького кряжа». Цього ж року І.І. Чебаненко був відряджений до Чехословаччини, де два роки працював інженером, пізніше – головним інженером експедиції, яка проводила пошуки уранових руд на Чеському рудоносному масиві.

У 1960 р. Іван Ілліч повернувся в Інститут геологічних наук АН УРСР, де пройшов шлях від наукового співробітника до завідувача відділу геотектоніки (1978), заступника директора, а згодом – радника при дирекції Інституту. У 1974 р. захистив докторську дисертацію на тему «Регіональні розломи України, закономірності їх розміщення та значення для пошуків родовищ корисних копалин». Його перу належить понад 200 наукових публікацій, з них 16 монографій, присвячених теоретичним проблемам будови літосфери та її розвитку в геосторичному аспекті.

Іван Ілліч першим у світі розробив карти планетарних розломів літосфери континентів і океанів, які згодом були підтверджені супутниковими фотознімками. Як учень і послідовник академіка В.Г. Бондарчука, продовжив розвиток геологічної теорії – тектоорогенії як вчення про планетарні розломи літосфери Землі та наявність закономірної загальнопланетарної сітки розломів (Шаталов, 2015а).

Значну увагу в своїх дослідженнях вчений приділяв проблемам нафтогазоносності кристалічних порід фундаменту, зокрема Дніпровсько-Донецької западини. За участь у відкритті – на основі неорганічної гіпотези – принципового нового об'єкта пошуків родовищ нафти і газу як джерела розширення паливно-енергетичної бази України Іван Ілліч у 1992 р. був удостоєний Державної премії України в галузі науки і техніки (Відділення..., 2003; Шаталов, 2015б).



Черкесов Леонід Васильович (1933–2016) – відомий вчений у галузі гідродинаміки морських хвиль, доктор фізико-математичних наук (1969), професор (1972), член-кореспондент АН УРСР (1979), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (2013).

Після закінчення фізико-математичного факультету Ростовського державного університету в 1955–1956 рр. Леонід Васильович працював асистентом кафедри фізики в Білоруському інституті інженерів залізничного транспорту в м. Гомель. З 1956 по 1959 р. навчався в аспірантурі Морського гідрофізичного інституту АН СРСР (м. Москва). Після закінчення аспірантури і захисту кандидатської дисертації протягом 1961–1968 рр. обіймав посаду старшого наукового співробітника в лабораторії математичної фізики Інституту математики Академії наук Білоруської РСР у Мінську.

З 1968 р. Л.В. Черкесов працював в Морському гідрофізичному інституті АН УРСР, спочатку старшим науковим співробітником, а згодом – завідувачем відділу теорії хвиль. Йому належать фундаментальні результати в галузі математичного моделювання хвиль в океанах та морях (включаючи цунамі), корабельних хвиль і хвиль в обмежених басейнах, дослідження процесів генерації поверхневих та внутрішніх хвиль.

У 1976–1990 рр. Леонід Васильович – науковий керівник міжвідомчого проекту «Волна», координатор досліджень морських хвиль всіх наукових установ колишнього СРСР. У 1980–1993 рр. – професор, завідувач Севастопольського філіалу кафедри геофізики Сімферопольського державного університету ім. М.В. Фрунзе при Морському гідрофізичному інституті АН УРСР. Під його науковим керівництвом захищено 19 кандидатських дисертацій, а п'ять учнів ученого стали докторами фізико-математичних наук (Відділення..., 2003).

У 1980 р. Президія АН УРСР затвердила нову назву – Відділення геології, геофізики та геохімії АН УРСР у відповідності до аналогічної назви в АН СРСР. У той же час за ініціативи директора Морського гідрофізичного інституту, академіка АН УРСР Б.О. Нелепо на базі двох установ Відділення наук про Землю – Морського гідрофізичного інституту з Експериментальним відділенням та Сектору географії Інституту геофізики АН УРСР, було створено Відділення океанології, гідрофізики та географії АН УРСР (Старостенко, Коболев, 2023).

У 1981 р. ученим секретарем Відділення геології, геофізики та геохімії АН УРСР був призначений кандидат геолого-мінералогічних наук В.О. Ємельянов (1981–1983).

На межі 1970–1980-х років активізувалися океанологічні, геолого-геофізичні дослідження океанів і морів на НДС «Академік Вернадський», «Михайло Ломоносов», «Фадей Беллінсгаузен» і «Гідролог». Під час експедиційних досліджень були виявлені унікальні поля фосфоритів і залізо-марганцевих конкрецій в Атлантичному та Індійському океанах. Окремої уваги заслуговує перша в історії АН УРСР спеціалізована комплексна геолого-геофізична експедиція в Індійський океан (19-й рейс НДС «Академік Вернадський») під керівництвом на той час члена-кореспондента АН УРСР Є.Ф. Шнюкова (Старостенко, 2020).

Науковці відділення сейсмології Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна АН УРСР І.І. Попов

і Б.Г. Пустовитенко дослідили та обґрунтували закономірності розташування і формування вогнищ землетрусів Кримської сейсмоактивної зони.

Державної премії УРСР в галузі науки і техніки були удостоєні: М.П. Щербак, І.С. Усенко та О.І. Стригін (1981) – за цикл праць «Петрогенезис і геохронологія формацій Українського щита» та їх впровадження у геологічну практику; Є.К. Лазаренко (посмертно), О.С. Поваренних, Є.Г. Кувковський, О.Л. Литвін, О.М. Платонов, І.В. Матяш, А.М. Тарашан і В.А. Калюжний (1983) – за цикл робіт «Теоретична і регіональна мінералогія» (Національна..., 2013).

Премію ім. В.І. Вернадського Президія АН УРСР присудила: В.Б. Порфир'єву (1980) – за цикл праць «Природа нафтоутворення та закономірності розміщення родовищ нафти і газу»; М.П. Семененку (1981) – за цикл робіт «Геохімічна киснево-воднева модель Землі»; Є.Ф. Шнюкову, Р.М. Білодіду і В.П. Цемку (1982) – за монографію «Корисні копалини Світового океану»; Я.М. Белєвцеву (1983) – за монографію «Метаморфогенне рудоутворення» (Національна..., 2013).

На виборах до АН УРСР, які відбулися у 1982 р., по Відділенню геології, геофізики та геохімії АН УРСР членами-кореспондентами були обрані М.П. Булгаков (гідродинаміка, гідрофізика), В.К. Гавриш і В.І. Кітик (геологія нафти і газу) та О.Д. Федоровський (гідродинаміка, гідрофізика) (Палій, Храмов, 2013).



Булгаков Микола Петрович (1929–2004) – видатний вчений-океанолог, доктор географічних наук (1973), професор (1982), член-кореспондент АН УРСР (1982), академік АН УРСР (1992), заслужений діяч науки і техніки України (1998), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (2000).

Закінчив геологорозвідувальний технікум у м. Старий Оскол (1946), а потім – Вище арктичне морське училище ім. адмірала С.О. Макарова в Ленінграді (1948). Після трирічної зими в Арктиці у порту Тіксі (1954–1957) Микола Петрович вступив до аспірантури при Інституті океанографії АН СРСР за спеціальністю «фізична океанографія». Після захисту кандидатської дисертації працював у Тихоокеанському відділенні Інституту океанології ім. П.П. Ширшова АН СРСР у м. Владивосток (1961–1976).

З 1976 р. М.П. Булгаков – завідувач відділу океанографії (1976–2001) та одночасно заступник директора з наукової роботи (1981–1984) Морського гідрофізичного інституту АН УРСР. У 1984–1986 рр. – генеральний директор Науково-дослідного центру з океанографії, геліофізики та випробування конструкційних матеріалів і виробів в умовах тропічного клімату у Конакрі (Гвінея).

Микола Петрович був науковим керівником міжнародного проєкту (ПОЛІМОДЕ) по вивченню Карибського моря та прилеглих районів Атлантичного океану, зокрема вивченню термохалінної, гідрохімічної, кінематичної структур вод, їх мінливості, переносу і перерозподілу теплової енергії.

Найважливіші наукові результати вченого знайшли відображення у багатьох монографіях, присвячених дослідженням у галузі фізичної океанографії Арктичних морів та Тихого й Атлантичного океанів, Чорного моря, формування гідрофізичних полів, кінематичних та термохалінних структур, утворення і поширення льодового покриву, коливання рівня, процесів конвективного перемішування, мінливості гідрофізичних характеристик, методики й автоматизації досліджень (Відділення..., 2003).



Гавриш Володимир Костянтинівич (1925–2004) – відомий вчений-геолог, доктор геолого-мінералогічних наук (1970), професор (1981), член-кореспондент АН УРСР (1982), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (1991).

Після закінчення у 1946 р. Київського геологорозвідувального технікуму працював у Київській геолого-пошуковій конторі (1946–1957) та одночасно навчався у Всесоюзному заочному політехнічному інституті у Москві. Згодом працював у геолого-геофізичній експедиції об'єднання «Укрнафта» (1957–1958), Київській геолого-геофізичній експедиції «Укрнафтагеофізика» (1958–1961). У 1961 р. захистив кандидатську дисертацію.

У 1962 р. Володимир Костянтинівич обіймав посади наукового співробітника Інституту геологічних наук АН УРСР, з 1973 р. – завідувача відділу методики пошуку і прогнозу корисних копалин (1973–1993), згодом – відділу палеоструктурної геології (1993–2000), а від 2000 р. – радника дирекції.

Праці вченого стосуються геологічної будови нафтогазоносних районів України, розробки нового методу палеоструктурно-геологічного аналізу для прогнозування та знаходження нафтогазоносних структур. Він теоретично обґрунтував ознаки і класифікацію внутрішньоплитових і перикратонних рифтогенів, довів, що їх розвиток та глибинні розломи впливають на формування і закономірності розміщення комбінованих нафтогазоносних пасток. За його участі відкрите Західно-Хрестищенське родовище газу (Відділення..., 2003; Шаталов, 2015в).



Кітик Василь Іванович (1923–1984) – відомий вчений-геолог, доктор геолого-мінералогічних наук (1969), професор (1977), член-кореспондент АН УРСР (1982).

Народився Василь Іванович у Краківському воєводстві у Польщі. Після закінчення у своєму селі початкової школи через бідність продовжити навчання не зміг. У 1937–1939 рр. працював продавцем у магазині. У 1940 р. намагався перебраться на територію, що перейшла до складу СРСР, за що був висланий на примусові роботи до Німеччини. У 1942 р. втік з табору і в 1943 р. закінчив навчання в учительській семінарії м. Криниця. До 1944 р. працював учителем у м. Дубне та співпрацював із радянськими партизанами як перекладач. У кінці 1944 р. був заарештований під час облави та опинився в таборі Терніц, звідки визволився у березні 1945 р. з приходом радянських військ.

Після закінчення у 1951 р. нафтового факультету Львівського політехнічного інституту Василь Іванович працював старшим, головним геологом Приазовської геологорозвідувальної контори тресту «Укрсхідгеологорозвідка» (1951–1953).

В 1953 р. В.І. Кітик поступив до аспірантури при Інституті геології корисних копалин та у 1956 р. захистив кандидатську дисертацію «Поклади нафти і газу Дніпровсько-Донецької западини». У 1956–1963 рр. – вчений секретар, з 1963 р. – заступник директора Інституту геології і геохімії горючих копалин АН УРСР та одночасно завідувач відділу соляних структур нафтогазоносних областей. Вчений розробив основи загальнотектонічної теорії соляного тектогенезу та його ролі у формуванні та розміщенні нафтогазових родовищ (Відділення..., 2003).



Федоровський Олександр Дмитрович (1931 р. н.) – відомий гідрофізик, доктор фізико-математичних наук (1978), професор (1991), член-кореспондент АН УРСР (1982), заслужений діяч науки і техніки України (2007), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (2005). Нагороджений орденом Трудового Червоного Прапора (1985).

У 1947–1949 рр. Олександр Дмитрович навчався у Ленінградському військово-морському училищі, а у 1950 р. вступив на інженерно-фізичний факультет Ленінградського інституту точної механіки та оптики, який закінчив у 1956 р. Після закінчення інституту був направлений на завод «Арсенал» (м. Київ), де протягом 1956–1980 рр. працював на посадах від інженера до головного конструктора.

У 1980 р. Олександр Дмитрович перейшов на роботу в Інститут гідромеханіки АН УРСР, який очолював з 1981 по 1987 р. Упродовж 1987–1992 рр. – керівник СКТБ, заступник директора з наукової роботи Морського гідрофізичного інституту АН України. З 1993 р. – завідувач відділу системного аналізу Центру аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України (нині – ДУ «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України»).

О.Д. Федоровський виконав вагомий експериментальні дослідження процесів, що відбуваються на вільній морській поверхні – на межі взаємодії «вода–атмосфера». Він одним з перших експериментально виявив і поглиблено дослідив виникнення на морській поверхні холодного «скін-шару» та використав це явище як інформативний фактор при створенні авіаційних дистанційних систем зондування морської поверхні для вирішення спеціальних завдань.

Наукові пошуки вченого в Центрі аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України спрямовані на розробку методології дешифрування космічних знімків з допомогою системного підходу, аналізу структурно-текстурних ознак і на створення комп'ютерних програм для виконання водогосподарських і водоохоронних завдань. Під його керівництвом і за безпосереднього участю науково обґрунтовано і розроблено оригінальну методику оцінки екологічного стану водних екотонів типу «ріка–водосховище» і «ріка–море» (Відділення..., 2003; Олександр..., 2021).

У 1983 р. академіком-секретарем Відділення геології, геохімії та геофізики АН УРСР був обраний директор Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна АН УРСР А.В. Чекунов. Він звернувся до Президії АН УРСР з пропозицією повернутися до первинної назви Відділення наук про Землю. Президія АН УРСР таку назву затвердила та одночасно прийняла рішення розформувати Відділення океанології, гідрофізики та географії, а його установи повернути до Відділення наук про Землю. Тобто завдяки А.В. Чекунову ми отримали не тільки нову назву Відділення, але й збільшений склад його структурних підрозділів (Старостенко, Коболев, 2023). Ученим секретарем Відділення наук про Землю АН УРСР був призначений кандидат геолого-мінералогічних наук Г.В. Лисиченко (1983–1987).

У червні 1984 р. у Києві відбулася міжнародна нарада вчених, які брали участь в реалізації проєкту «Геофізична і геодинамічна моделі літосфери Центральної і Східної Європи» – однієї з наукових програм Комісії багатостороннього співробітництва академій наук соціалістичних країн з комплексної проблеми «Планетарні геофізичні дослідження». На нараді Україну представляв Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна АН УРСР, вчені якого дослідили структуру Центральної та Східної Європи та виділили основні астеносферні сегменти, які визначають геодинаміку і генезис родовищ корисних копалин цієї території. Того ж року за

цикл праць «Теорія, методика і результати вивчення літосфери України і прилеглих територій за комплексом даних сейсмометрії, гравіметрії і геотермії» Державну премію УРСР в галузі науки і техніки отримав колектив вчених Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна АН УРСР у складі: С.І. Субботін (помертено), А.В. Чекунов, В.Б. Соллогуб, В.І. Старостенко, Є.Г. Булах, В.В. Гордієнко, С.С. Красовський, Р.І. Кутас, Т.С. Лебедев і Є.К. Лоссовський.

Премією ім. В.І. Вернадського Президія АН УРСР відзначила: Є.М. Бартницького та І.П. Лугову (1984) – за монографію «Ізотопна геологія України»; А.Є. Бабинця, С.Т. Звольського та О.Ю. Митропольського (1985) – за цикл робіт «Дослідження гідрогіологічних, гідрогеохімічних та фізико-механічних властивостей донних осаdkів Чорного моря».

Окремої уваги заслуговує вагомий внесок практично всіх наукових підрозділів Відділення наук про Землю АН УРСР у ліквідацію наслідків найбільшої техногенної та екологічної катастрофи, що сталася 26 квітня 1986 р. на Чорнобильській АЕС. Вже 6 травня 1986 р. голова постійно діючої комісії з проблем водопостачання В.М. Шестопалов надав пропозиції щодо першочергових заходів з організації водопостачання населенню на території, яка зазнала радіоактивного забруднення. Дозиметричні дослідження разом з іншими установами АН УРСР проводили науковці Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна

АН УРСР, а його Відділення геодинаміки вибуху розробило варіант електроочищувача повітря від радіонуклідів та підготувало комплект технічних креслень для його серійного виготовлення (Національна..., 2013).

Паралельно науковці Інституту геохімії та фізики мінералів АН УРСР та Інституту кібернетики АН УРСР спільно з низкою установ-співвиконавців займалися проектуванням очисних споруд для ставка-охолоджувача ЧАЕС та створили систему моніторингу і прогнозування стану вод Дніпровського каскаду. В Інституті геохімії та фізики мінералів АН УРСР дослідження поведінки радіонуклідів Чорнобильського аварійного викиду в об'єктах довкілля були виділені в окремих напрям, що згодом привело до створення в його складі спочатку Відділення радіохімії навколишнього середовища (1991), яке невдовзі переросло в Державний науковий центр (1996), а з 2001 р. – в Інститут геохімії навколишнього середовища під керівництвом Е.В. Соботівича.

У 1987 р. ученим секретарем Відділення наук про Землю АН УРСР був призначений кандидат геолого-мінералогічних наук І.М. Скопиченко (1987–1995).

Державної премії УРСР в галузі науки і техніки були удостоєні: О.С. Вялов, В.В. Глушко, А.Ф. Гончарук, В.І. Жуков і В.В. Науменко (1986) – за цикл робіт «Тектоніка і металогенія Радянських Карпат»; Є.Ф. Шнюков, Ю.В. Дукельський-Тесленко, Д.Є. Макаренко, П.Ф. Гожик, В.І. Мельник, Ю.І. Іноземцев, Л.І. Мітін і В.І. Лялюк (1989) – за восьмитомну монографію «Геологія шельфу УРСР», опубліковану в 1981–1987 рр.; В.К. Гавриш, П.Ф. Шпак і Д.Є. Айзенберг (1991) – за участь у створенні серії монографій та атласу «Геологія і нафтогазоносність Дніпровсько-Донецької западини» як наукової основи прогнозу та пошуків родовищ (Національна..., 2013).

У другій половині 1980-х років премія ім. В.І. Вернадського була присуджена: О.З. Широкову, В.Ю. Забігайлу і В.В. Лукінову (1986) – за цикл робіт «Геологічні умови викидодонебезпечності вугільних пластів і гірських порід Донбасу»; А.Б. Ситнікову, В.І. Лялюк і М.С. Огнянику (1987) – за роботу «Тепломасоперенос, охорона та управління підземними водами в умовах тектогенезу»; Г.М. Малахову, І.М. Малахову і Л.І. Сиволюбову (1988) – за



Старостенко Віталій Іванович (1935 р. н.) – видатний український вчений-геофізик, доктор фізико-математичних наук (1977), професор (1984), член-кореспондент АН УРСР (1985), академік АН УРСР (1990), заслужений діяч науки і техніки України (1997), двічі лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (1984, 1995).

Після закінчення у 1958 р. геологічного факультету Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка працював інженером Київської геофізичної експедиції (1958–1961). В 1961–1964 рр. – аспірант Інституту геофізики АН УРСР, згодом – науковий, з 1968 р. – старший науковий співробітник, з 1975 р. – заступник директора з наукової роботи та одночасно з 1976 р. очолює відділ глибинних процесів Землі і гравіметрії. З 1991 р. – директор, а з 2022 р. – радник при дирекції Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України.

Віталій Іванович як теоретик інтерпретації потенційних полів одним з перших у колишньому СРСР розпочав обробляти та інтерпретувати геофізичні дані на ЕОМ. За роботу «Автоматизована система оперативної обробки даних гравіметрії та магнітометрії» у 1973 р. нагороджений Золотою медаллю ВДНГ СРСР. Його авторству належить понад 500 наукових праць, з них п'ять монографій, які видані в Україні та Росії, а також публікувалися у наукових виданнях Великої Британії, Індії, Італії, Китаю, Польщі, США, Франції, Швеції та Швейцарії (Відділенню..., 2003). В.І. Старостенко – головний редактор «Геофізичного журналу» та «Українського антарктичного журналу», а також член редакційних колегій наукових журналів «Геологія та корисні копалини Світового океану», «Космічна наука і технологія» та ін.

Значну увагу Віталій Іванович приділяє науково-організаційній діяльності та підготовці наукових кадрів. Він підготував 27 кандидатів та два доктори наук. Як академік-секретар Відділення наук про Землю (1988–2004) займався розробкою та вдосконаленням наукових програм, організацією і координацією міжнародних досліджень. Упродовж 2004–2015 рр. він очолював Наукові ради Цільових комплексних програм наукових досліджень НАН України – «Мінеральні ресурси України та їх видобування» (2004–2009) та «Стратегічні мінеральні ресурси України» (2009–2015).

З 1996 по 2002 р. В.І. Старостенко входив до Науково-організаційного комітету (Scientific Steering Committee) Міжнародної програми EUROPROBE Європейського наукового фонду. Це було результатом виконання науковцями Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України геофізичних досліджень в співдружності з закордонними установами, які фінансувались Європейським науковим фондом (Відділенню..., 2003; НАН України..., 2018).

монографію «Циклічно-поточна технологія підземної розробки магнетитових кварцитів»; В.К. Гавришу, П.Ф. Шпаку і В.А. Хоменко (1989) – за цикл робіт «Закономірності розміщення, літологія, нафтогазоносність і методика прогнозування комбінованих уловлювачів у глибокостанурених девонських та кам'яновугільних горизонтах Дніпровсько-Донецької западини»; В.М. Єремєєву, О.О. Безбородову і Л.М. Іванову (1990) – за цикл робіт «Фізичне перенесення і фізико-хімічне фракціонування домішок в океані та на його межі з атмосферою»; Б.П. Кабишеву – за монографію «Палеотектонічні дослідження та нафтогазоносність в авлакогенних областях» (1991) (Національна..., 2013).

У 1990 р. в Інституті геофізики ім. С.І. Субботіна АН УРСР під керівництвом А.В. Чекунова було завершено комплексну інтерпретацію геолого-геофізичних даних уздовж геотрансекта «Дніпровсько-Донецький палеорифт – Український щит – Південні Карпати» (Національна..., 2013).

На виборах до АН УРСР, які відбувалися у другій половині 1980-х років, по Відділенню наук про Землю членами-кореспондентами були обрані В.І. Старостенко (геологія, геофізика, 1985), В.Ю. Забігайло (геологія твердих горючих копалин), І.В. Матяш (фізика мінералів), Е.В. Соботович і В.М. Шестопалов (регіональна гідргеологія, 1988). Дійсними членами АН УРСР стали І.І. Чебаненко й Є.Ф. Шнюков (геологія, 1982) та В.І. Беляєв (геофізика, 1988) (Палій, Храмов, 2013).



Забігайло Володимир Юхимович (1934–1996) – знаний український вчений-геолог, доктор геолого-мінералогічних наук (1975), професор (1979), член-кореспондент АН УРСР (1988), академік АН України (1990), заслужений діяч науки і техніки України (1995), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (1991).

Після закінчення Дніпропетровського гірничого інституту з 1958 по 1961 р. працював у Миргородській промислово-геофізичній експедиції тресту «Укргеофізика» в Полтавській області, згодом – у Дніпропетровській експедиції Українського геологорозвідувального інституту (1961–1964), в Інституті мінеральних ресурсів у Сімферополі (1964–1968), в Інституті геотехнічної механіки в Дніпропетровську (1968–1986). У 1979–1986 рр. Володимир Юхимович був ректором Дніпропетровського гірничого інституту, а також професором кафедри геології.

З 1986 по 1996 р. В.Ю. Забігайло очолював Інститут геології та геохімії горючих копалин НАН України та одночасно відділ геології та геохімії твердих горючих копалин. Результати його досліджень геології вугільних басейнів України, їх газоносності та гірничо-геологічних умов розробки вугільних покладів на великих глибинах дозволили розробити принципово нові способи прогнозу викидонебезпечності гірських порід і вугілля, освоєння природного метану вугільних басейнів України. Він був ініціатором і керівником Національної програми «Метан вугільних родовищ України. Проблеми пошуку, оцінки та промислового освоєння» (Відділення..., 2003).



Матяш Іван Васильович (1930–1995) – відомий фахівець у галузі радіоспектроскопії мінералів, доктор фізико-математичних наук (1972), професор (1977), член-кореспондент АН України (1988), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (1983).

Після закінчення фізичного факультету Харківського університету ім. В.Н. Каразіна (1955) Іван Васильович працював науковим співробітником у Фізико-технічному інституті низьких температур АН УРСР (1960–1965), згодом – у Донецькому фізико-технічному інституті (1965–1967). У 1967 р. він очолив відділ радіоспектроскопії Інституту геологічних наук АН УРСР, який у 1969 р. був переданий в новостворений Інститут геохімії і фізики мінералів АН УРСР (з 1993 р. – Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення). В ньому вчений обіймав посади завідувача відділу та водночас заступника директора з наукової роботи до кінця життя (1969–1995.)

І.В. Матяш започаткував науковий напрям – радіоспектроскопічні дослідження мінералів, дав змогу розкрити нові аспекти еволюції геологічних утворень земної кори та процесів рудоутворення. Розробив новітні методи пошуків радіоактивних, благородних і рідкісних елементів, оцінювання продуктивності кімберлітів і пегматитів. Велике значення мають його дослідження стосовно оптимізації технологій розробки та комплексного використання мінеральної речовини (Відділення..., 2003).



Соботович Емлен Володимирович (1927–2013) – видатний вчений-геохімік, доктор геолого-мінералогічних наук (1967), професор (1971), заслужений діяч науки і техніки України (1986), член-кореспондент АН України (1988), академік АН України (1992), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (1991).

У 1948 р. закінчив Ростовське-на-Дону морехідне училище, а з 1949 до 1954 р. навчався на хімічному факультеті Ленінградського державного університету. З 1954 до 1967 р. Емлен Володимирович пройшов шлях від аспіранта до старшого наукового співробітника і виконувача обов'язків завідувача лабораторії Радієвого інституту АН СРСР. Тут він захистив кандидатську дисертацію за фахом «радіохімія» і докторську дисертацію на тему «Космохімія і геохімія ізотопів свинцю».

У 1969 р. вчений на запрошення академіка М.П. Семененка перейшов працювати в Інститут геохімії і фізики мінералів АН УРСР на посаду завідувача відділу ядерної геохімії та космохімії. З перших днів аварії на Чорнобильській АЕС Емлен Володимирович брав активну участь в ліквідації її наслідків, безпосередньо керував в зоні ЧАЕС науковими роботами та експериментами по зменшенню вносу радіоактивних речовин у Дніпро і вивченню міграції радіонуклідів.

У 1991 р. очолюваний Емленом Володимировичем відділ ядерної геохімії і космохімії реорганізовано у Відділення радіогеохімії навколишнього середовища Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України. В цей час він одночасно обіймає посаду заступника директора з наукової роботи (1991–1995). У 1995 р. на базі цього Відділення та Відділення металогенії створюється Державний науковий центр радіогеохімії навколишнього середовища НАН та МНС України, який у 2001 р. був перейменований в Інститут геохімії навколишнього середовища НАН та МНС України (Відділення..., 2003). Директором цього інституту Емлен Володимирович працював до останніх днів життя.

Е.В. Соботович розробив і впровадив у науку і геологічну практику методи ядерної геохімії. Знайшов широке застосування розроблений ним принципово новий метод свинцево-ізохронного датування гірських порід і космічних утворень. Вперше у світі для деяких геологічних утворень було отримано вік понад 4 млрд років (Алдан, Антарктида). Велике наукове і практичне значення мають його роботи в галузі охорони навколишнього середовища.

Емлен Володимирович посідає гідне місце в когорті видатних вчених, які збагатили науку фундаментальними працями. Перелік його наукових робіт нараховує близько 600 найменувань. Він вивчав ізотопний, хімічний і мінеральний склад та структурні особливості космічного пилу, метеоритів, місячного «ґрунту», астроблем, зразків видозмінених порід під впливом тунгуського феномена. Одержані дані вчений інтерпретував з погляду еволюції космічної речовини, походження планет Сонячної системи, зоряного нуклеосинтезу. Безпосередньо під його керівництвом підготовлено чотири доктори і понад 25 кандидатів наук (Відділення..., 2003).



Шестопалов В'ячеслав Михайлович (1936–2023) – видатний український вчений-гідрогеолог, доктор геолого-мінералогічних наук (1983), професор (1991), член-кореспондент АН України (1988), академік НАН України (1995), заслужений діяч науки і техніки України (1998), лауреат премії Ради Міністрів СРСР (1991) та Державної премії України в галузі науки і техніки (2004).

З 1954 по 1959 р. вчився на геологічному факультеті Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка та отримав диплом з відзнакою. Після його закінчення працював у Львівській та Центральній геологічних експедиціях Міністерства геології УРСР.

У 1967–1970 рр. навчався в аспірантурі Інституту геологічних наук АН України. Там захистив кандидатську дисертацію і залишився працювати. 1984–1991 рр. – заступник директора з наукової роботи. 1991–2023 рр. – керівник Відділення гідрогеології та інженерної геології, директор Науково-інженерного центру радіогідрогеоекологічних полігонних досліджень. Упродовж 2004–2015 рр. обіймав посаду академіка-секретаря Відділення наук про Землю НАН України.

В'ячеслав Михайлович понад 40 років очолював українську гідрогеологічну наукову школу, яка посіла важливе місце у світовій науці. За його ініціативи було започатковано та розвинуто низку наукових напрямів, що дозволило значно збагатити сьогоденне уявлення людства про підземну гідросферу нашої планети. Зокрема, фундаментальні дослідження вченого були спрямовані на вивчення водообміну в гідрогеологічних структурах та закономірностей формування ресурсів підземних вод в основних гідрогеологічних структурах України; процесів формування якісних та кількісних характеристик підземних вод України під впливом техногенних факторів; наслідків Чорнобильської катастрофи для довкілля та захоронення радіоактивних відходів у геологічному середовищі; вивчення аномальних гідрогеологічних процесів та глибинної дегазації Землі; мінеральних вод України тощо.

В.М. Шестопалов зробив значний внесок у вирішення проблем ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи, очолював спеціальну академічну комісію з проблем водопостачання населення, був серед розробників першочергових заходів з організації водопостачання, створення концепції Зони відчуження. В період повномасштабної фази російської агресії він приділяв особливу увагу вирішенню проблеми водозабезпечення прифронтових міст України.

Науковий доробок В'ячеслава Михайловича налічує понад 500 наукових праць, серед яких 32 монографії. Він підготував дев'ять докторів та 27 кандидатів наук (Академік..., 2016; НАН України..., 2018).

У 1988 р. академіком-секретарем Відділення наук про Землю обирають члена-кореспондента АН УРСР В.І. Старостенка, на той час – заступник директора з наукової роботи Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна АН УРСР. На виборах у 1990 р. академіками АН УРСР стали

В.Ю. Забігайло (геологія) і В.І. Старостенко (геофізика). Членами-кореспондентами були обрані Р.Я. Белєвцев (петрологія, рудні родовища), К.Ф. Тяпкін (геофізика), П.Ф. Шпак (літологія, геологія горючих копалин) (Палій, Храмов, 2013).



Белєвцев Рудольф Якович (1937–2022) – відомий вчений у галузі петрології, геохімії та геоєкології, доктор геолого-мінералогічних наук (1982), член-кореспондент НАН України (1990), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (1998).

Після закінчення у 1959 р. геологічного факультету Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка залишився працювати в його Науково-дослідному секторі. В 1962 р. перейшов працювати до Інституту геологічних наук АН УРСР, згодом у 1969 р. – до Інституту геохімії і фізики мінералів АН УРСР (нині – Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України). Від 1997 р. працював у Державному науковому центрі радіогеохімії навколишнього середовища (нині – Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України), де з 2000 р. обіймав посаду завідувача відділу термодинаміки геосфер.

Серед наукових проблем, вивченню яких була присвячена дослідницька діяльність Рудольфа Яковича, – еволюція метаморфічних процесів у східній частині Українського щита (за даними Криворізької надглибокої свердловини), зональний метаморфізм і геодинаміка, метаморфічні та метасоматичні процеси у формуванні рідкіснометалевих, уранових і золоторудних проявів у докембрії Українського щита. Вчений зробив вагомий внесок у вивчення актуальних еколого-геохімічних питань ядерної енергетики України, зокрема у дослідження кристалічних масивів Українського щита як потенційного середовища для спорудження довготривалих сховищ радіоактивних відходів (80-річчя..., 2017).



Тяпкін Костянтин Федорович (1927–2016) – видатний український вчений-геофізик, доктор геолого-мінералогічних наук (1965), професор (1966), член-кореспондент НАН України (1990), двічі лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (1972, 1996), заслужений діяч науки і техніки (2002).

У 1948 р. закінчив Дніпропетровський гірничий інститут (згодом – Національний гірничий університет, нині – «Дніпровська політехніка») та був залишений в аспірантурі при кафедрі геофізичних методів розвідки, де пройшов шлях від асистента до завідувача кафедри (1974–2000).

Протягом 1960-х років Костянтин Федорович активно займався вивченням Криворізького залізорудного басейну, розробив модель визначення параметрів окремих блоків за гравітаційними та магнітними аномаліями. Під його керівництвом у 1965 р. була складена тектонічна карта Українського щита масштабу 1:500 000, на якій вперше за геолого-геофізичними даними була науково обґрунтована система докембрійських регіональних розломів.

У 1972 р. К.Ф. Тяпкін одержав першу Державну премію УРСР в галузі науки і техніки за розробку та впровадження методики геологічного картування, розвідування і вивчення глибинної будови Української залізорудної провінції геофізичними методами. Вдруге він отримав Державну премію України в галузі науки і техніки у 1996 р. за працю «Закономірності деформації верхньої частини тектоносфери Землі, що встановлені теоретичними й експериментальними методами».

Костянтин Федорович розробив ротаційну концепцію структуроутворення в тектоносфері, в основі якої закладені уявлення про джерела сил тектогенезу у верхніх оболонках Землі в результаті зміни положення її осі обертання. У 1998 р. вчений опублікував підручник «Фізика Землі» для студентів ВНЗ, який виданий українською та російською, перевиданий англійською та китайською мовами. Як педагог підготував одного доктора та 20 кандидатів наук (К 90-летию..., 2017).

На Загальних зборах АН УРСР, які відбулися у березні 1990 р., була прийнята постанова «Про поновлення в складі АН УРСР незаконно репресованих вчених», зокрема поновити (по смертно) видатних українських вчених-природознавців, обраних дійсними членами ВУАН у 1929 р., – географа С.Л. Рудницького та гідролога Є.В. Оппокова.

Протягом 1963–1990 рр. кількість академіків, обраних по Відділення наук про Землю, склала 17 осіб (середній вік – 56 років), членів-кореспондентів – 31 (середній вік – 52 роки). Наймолодші серед обраних – академік Б.О. Нелєпо (46 років) і член-кореспондент В.І. Белєв (38 років). Найстарішими були академік Л.Г. Качук (70 років) та член-кореспондент М.Р. Ладиженський (66 років).



Шпак Петро Федорович (1931–2002) – відомий український геолог, міністр геології УРСР (1967–1982), доктор геолого-мінералогічних наук (1981), професор (1992), член-кореспондент АН УРСР (1990), двічі лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (1977, 1991).

У 1948 р. закінчив Кам'янець-Подільський індустріальний технікум, у 1953 р. – геологорозвідувальний факультет Львівського політехнічного інституту. Працював геологом Східницького нафтопромислу тресту «Бориславнафта» Дрогобицької області, згодом – головним геологом управлінь «Надвірнафта» та «Долинафта» (1953–1960). Очолював новостворену Надвірнянську контору розвідувального буріння тресту «Прикарпатбурнафта» та геологічний відділ об'єднання «Укрзахіднафтогаз» (1960–1966).

У 1966 р. П.Ф. Шпак був переведений до Києва і призначений начальником Головного управління пошукових і розвідувальних робіт нафтових і газових родовищ Міністерства геології УРСР, яке очолював упродовж 15 років (1967–1982). Це був період найбільшого розвитку пошуково-розвідувальних робіт і розширення мінерально-сировинної бази України. Петро Федорович був ініціатором та одним з авторів розробки і впровадження стратегії пошуків покладів вуглеводнів на великих глибинах у Дніпровсько-Донецькій западині і Передкарпатському прогині, а також в акваторіях Чорного й Азовського морів.

У 1982–1984 рр. вчений працював завідувачем лабораторії, у 1984–1992 рр. – керівником відділу нафтогазоносних провінцій, а у 1992–1997 рр. – директором Інституту геологічних наук НАН України. Від 1997 р. і до кінця життя був радником президента НАН України і дирекції інституту.

Наукові інтереси Петра Федоровича охоплювали проблеми вивчення особливостей геологічної будови нафтогазоносних регіонів, формування та просторового розміщення покладів вуглеводнів за величиною запасів і фазовим станом, прогнозування їх ресурсної бази і визначення оптимальних шляхів пошуків родовищ нафти та газу. Він зробив значний внесок у теорію нафтогазової геології та практику пошуково-розвідувальних робіт. Розробив принципи районування нафтогазоносних територій, в межах України виділив чотири нафтогазоносні провінції, які містять дев'ять нафтогазоносних областей. Встановив належність унікальних, великих і середніх скупчень вуглеводнів осадового чохла Дніпровсько-Донецької западини до депресій та її схилів у кристалічному фундаменті. За ініціативою Петра Федоровича було переорієнтовано пошуки покладів вуглеводнів у Дніпровсько-Донецькій западині на глибинах 4000–5000 м, що дозволило істотно підвищити їхню результативність (Відділення..., 2003).

Післямова

До вагомих звершень за розглянутий період становлення й активного розвитку установ Відділення наук про Землю АН УРСР варто віднести такі (Національна..., 2008, 2018):

1. В Інституті геологічних наук АН УРСР подальший розвиток набули дослідження в галузі загальної геології, геотектоніки, стратиграфії і палеонтології (В.Г. Бондарчук, В.Я. Дідковський, Г.І. Молякко, І.І. Чебаненко та ін.). Значний внесок був зроблений у вирішення проблем гідрогеології. Досліджено і теоретично обґрунтовано закономірності формування, виснаження і забруднення підземних вод у різних регіонах України, визначено їх баланс і рух, надано прогноз експлуатаційних ресурсів (А.Є. Бабинець, В.М. Шестопалов, А.Б. Ситніков, В.І. Лялько, М.С. Огняник та ін.). Розроблені теоретичні основи пошуку залізних руд, залізо-марганцевих конкрецій, будівельних матеріалів у прибережних районах Чорного й Азовського морів (Є.Ф. Шнюков). В.О. Краюшкін науково обґрунтував пошук промислових скупчень нафти і газу в кристалічному фундаменті осадових басейнів

України, вулканічних і вулканогенно-осадових породах Закарпаття та Подніпров'я, у зонах активного водообміну на регіональних монокліналях Передкарпаття, Причорномор'я тощо. В.І. Созанський обґрунтував глибинне походження речовини галогенних формацій. Обґрунтовано утворення глибинних розломних структур та розроблена методика прогнозування комбінованих уловлювачів скупчень вуглеводнів у глибокостанурених девонських та кам'яновугільних горизонтах Дніпровсько-Донецької западини (В.К. Гавриш, П.Ф. Шпак, В.А. Хоменко).

2. В Інституті геофізики ім. С.І. Субботіна АН УРСР отримані вагомні результати стосовно геологічної будови земної кори і верхньої мантії за допомогою комплексу геофізичних методів (сейсмо-, граві-, магнітометрії та геотермії), зокрема літосфери України та прилеглих територій. Фундаментальні результати були одержані в рамках міжнародних проєктів при виконанні регіональних сейсмічних досліджень земної кори і верхньої мантії України, Південно-Східної Європи та Індії. Встановлені загальні закономірності будови для різних геоструктур: щитів, плат-

форм, западин, перехідних зон від континентів до океанів, глибоководних западин, структур океанічного дна (А.В. Чекунов, В.Б. Соллогуб, З.О. Крутиховська, В.І. Старостенко, Є.Г. Булах, С.С. Красовський, Р.І. Кутас та ін.). Вчені Відділення геодинаміки вибуху досліджували фізичні аспекти вибухового деформування і методи його керування, а також створили нові технології і засоби їх реалізації, зокрема для будівництва каналів (В.А. Даниленко). Полтавська гравіметрична обсерваторія виконала високоточні спостереження коливань широти для визначення руху земних полюсів. Результати цих спостережень дозволили одержати важливі фундаментальні дані про рух земних полюсів, вивчити деякі тонкі ефекти обертання Землі (М.І. Панченко, В.Г. Булацен).

3. Інститут геохімії і фізики мінералів АН УРСР на чолі з директором-організатором М.П. Семененком здійснив фундаментальні дослідження з геохімії, петрології і металогенії. Розроблені теоретичні основи металогенії докембрію Українського щита (Я.М. Бєлєвцев, Г.І. Каляєв, В.І. Скаржинський та ін.). Фундаментальне значення мали праці Є.К. Лазаренка та О.С. Поваренних з кристалохімії, теоретичної та регіональної мінералогії. Набув розвитку новий науковий напрям – абсолютна хронологія (М.П. Щербак). Опрацьовано нові теоретичні положення у вивченні геологічних процесів на фізико-хімічній основі, зокрема утворення докембрійських залізистих кварцитів (Ю.П. Мельник). Запропоновано сучасні мінералогічні і геохімічні критерії пошуку корисних копалин.

4. Інститут геохімії горючих корисних копалин АН УРСР розробив наукові основи пошуку та розвідки родовищ нафти, газу, вугілля, горючих сланців і сірки в межах України. На основі

втілення теоретичних розробок В.Б. Порфир'єва (теорія мінерального синтезу нафти і газу) та його учнів і послідовників, серед яких Г.Н. Долєнко (створив модель формування нафтогазових родовищ у зв'язку з процесами у верхній мантії Землі) та Е.Б. Чекалюк (термодинамічне обґрунтування генезису нафти у верхній мантії), стало можливим відкриття родовищ вуглеводнів на великих глибинах та у кристалічних розущільнених породах Дніпровсько-Донецької западини.

5. Вчені Морського гідрофізичного Інституту АН УРСР розробили теоретичні засади, методи та технічні засоби дистанційного дослідження океану за допомогою штучних супутників Землі, а також першу в країні систему збору, передачі й опрацювання інформації про фізичні поля океану (А.Г. Колесников, Б.О. Нелєпо, В.І. Скуріхін), побудували єдину модель циркуляції океану й атмосфери (В.І. Бєляєв, О.Д. Федоровський, О.О. Безбородов, Л.М. Іванов), розробили теоретичні основи розрахунку і прогнозування океанічних хвильових процесів (Л.В. Черкесов). Результати багаторічних міжнародних досліджень Тропічної Атлантики були узагальнені у виданні Міжурядовою океанографічною комісією ЮНЕСКО двотомника «Океанографічний атлас Тропічної Атлантики» (А.Г. Колесников, Б.О. Нелєпо, В.М. Єремєєв, В.О. Іванов та ін.).

***Подяка.** За виправлення деяких фактичних даних, наведених у рукопису другої частини статті, автори вдячні помічнику президента НАН України, кандидату геолого-мінералогічних наук В.М. Палію, який є співавтором використаних нами історико-хронологічних видань стосовно НАН України (Палій, Храмов, 2013; Національна..., 2013).*

У другій частині статті у хронологічному порядку наведені основні історичні події в датах, фактах та особистостях становлення і розвитку установ Відділу наук про Землю АН УРСР від заснування у 1963 р. і до набуття Україною незалежності у 1991 р. Наведено перебіг подій стосовно змін назви: Відділ наук про Землю і Космос АН УРСР (1963–1972), Відділення наук про Землю (1972–1980), Відділення геології, геофізики та геохімії АН УРСР (1980–1983) та Відділення наук про Землю АН УРСР (1983–1991). Значна увага приділена вагомому внеску фахівців установ Відділення наук про Землю АН УРСР у ліквідацію наслідків найбільшої техногенної та екологічної катастрофи, що сталася 26 квітня 1986 р. на Чорнобильській АЕС. Розглянуті найбільш вагомі досягнення установ Відділення наук про Землю АН УРСР у період становлення й активного розвитку. Це своєрідний звіт найбільш значущих подій і фактів з життя Відділення наук про Землю НАН України та персональних відомостей і наукових здобутків членів Академії, обраних у розглянутий період.

Список літератури

- 80-річчя члена-кореспондента НАН України Р.Я. Бєлєвцева. *Вісн. НАН України*. 2017. № 7. С. 109.
- Академік Шестопалов Вячеслав Михайлович (до 80-річчя від дня народження). *Геол. журн.* 2016. № 3 (356). С. 124–126.
- Батраков Г.Ф. Экспедиционные исследования на НИС «Академик Вернадский». Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. 424 с.
- Відділення наук про Землю. Київ: Поліграфія ТОВ «Макрос», 2003. 272 с.
- Гожик П.Ф. Видатний вчений-геолог – академік НАН України Євген Федорович Шнюков (до 90-річчя від дня народження). *Геологія і корисні копалини Світового океану*. 2020. Т. 16, № 1. С. 5–9. <https://doi.org/10.15407/gpimo2020.01.005>
- К 90-летию со дня рождения Константина Федоровича Тяпкина. *Геофиз. журн.* 2017. Т. 39, № 2. С. 158–169.
- НАН України. Керівництво. 1918–2018: біогр. енциклопед. слов. Київ: Фенікс, 2018. 256 с.
- Нариси про видатних людей Донбасу. Донецьк: Схід. вид. дім, 2011. 216 с.
- Наукові установи України. Довідкове видання. Київ: УкрІНТЕІ, 2013. 220 с.
- Національна академія наук України. 1918–2008: до 90-річчя від дня заснування. Київ: Вид-во КММ, 2008. 624 с.
- Національна академія наук України. 1918–2013. Хронологія. Київ: Фенікс, 2013. 528 с.
- Національна академія наук України. Видатні досягнення. 1918–2018. Київ: Фенікс, 2018. 320 с.
- Олександр Дмитрович Федоровський (до 90-річчя з дня народження). *Укр. журн. дистанц. зондування Землі*. 2021. Т. 8, № 1. С. 45–46. <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0001227959>
- О.М. Маринич: життя у служінні людям: до 95-річчя від дня народження. Київ: ВПЦ «Київ. ун-т», 2015. 352 с.
- Павлюк М., Назарчук З. Академік Григорій Назарович Доленко – корифей нафтогазової геології, великий організатор науки та справжній патріот України (до 100-річчя від дня народження). *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2017. № 170–171. С. 11–14.
- Палій В.М., Храмов Ю.О. Національна академія наук України. 1918–2013. Персональний склад. 6-е вид., доп. і випр. Київ: Фенікс, 2013. 444 с.
- Половко С.Г. Школа морської гідрогеології А.Є. Бабинця в дії. *Геологія и полез. ископаемые Мирового океана*. 2010. № 2. С. 85–91.
- Старостенко В.І. Геолог дальнього плавання, начальник експедиції 19-го рейса НИС «Академик Вернадский» в Індійському океані – Е.Ф. Шнюков. *Геологія і корисні копалини Світового океану*. 2020. Т. 16, №1. С. 11–35. <https://doi.org/10.15407/gpimo2020.01.011>
- Старостенко В.І., Коболев В.П., Кучма В.Г. К 90-летию со дня рождения Анатолия Васильевича Чекунова. *Геофиз. журн.* 2022. Т. 44, № 2. С. 170–176.
- Старостенко В.І., Коболев В.П. Відділення наук про Землю НАН України – 60 років. *Геофиз. журн.* 2023. Т. 45, № 4. С. 178–184.
- Шаталов М.М. Творці тектоорогенії. До 110-річчя академіка В.Г. Бондарчука і 90-річчя академіка І.І. Чебаненка. *Вісн. НАН України*. 2015а. № 6. С. 89–95.
- Шаталов Н.Н. Памяти выдающегося тектониста академика Ивана Ильича Чебаненко (к 90-летию со дня рождения). *Геол. журн.* 2015б. № 2 (351). С. 133–137.
- Шаталов Н.Н. Памяти известного геолога-нефтяника Владимира Константиновича Гавриша (к 90-летию со дня рождения). *Геол. журн.* 2015в. № 2 (351). С. 138–141.
- Шестопалов В.М., Онищенко І.П. Андрій Євтихийович Бабинець (до 100-річчя від дня народження). *Геол. журн.* 2012. № 1 (338). С. 111–113.

References

- 80-th anniversary of Corresponding Member NAS of Ukraine R.Ya. Belevtseva. 2017. *Visnyk NAN Ukrainu*, (7): 109 (in Ukrainian).
- Academician Shestopalov Vyacheslav Mikhaylovich (to the 80th anniversary). 2016. *Geologichnij zhurnal*, 3 (355): 124–126 (in Ukrainian).
- Batrakov G.F. 2008. Expeditionary research on the R/V “Akademik Vernadsky”. Sevastopol: ECOSI-Gidrophysics (in Russian).
- Department of Earth Sciences. 2003. Kyiv: Polygraphy LLC “Makros” (in Ukrainian).
- Gozhik P.F. 2020. Famous scientist-geologist – academician of the National Academy of Sciences of Ukraine Yevgen Fedorovich Shnyukov (to the 90-th anniversary). *Geologiya i korysni kopalyny Svitovogo okeanu*, 16 (1): 5–9. <https://doi.org/10.15407/gpimo2020.01.005> (in Ukrainian).
- To the 90th anniversary of the birth of Konstantin Fedorovich Tyapkin. 2017. *Geophys. Journal*, 39 (2): 158–169 (in Russian).
- NAS of Ukraine. 2018. Guide. 1918–2018: biographic encyclopedic dictionary. Kyiv: Fenix (in Ukrainian).
- Essays about the prominent people of Donbass. 2011. Donetsk: Eastern Publishing House (in Ukrainian).
- Science institutions of Ukraine. Information edition. 2013. Kyiv: UkrINTEI (in Ukrainian).
- National Academy of Sciences of Ukraine. 2008. 1918–2008: to the 90th anniversary of the foundation. Kyiv: KMM Publishing House (in Ukrainian).
- National Academy of Sciences of Ukraine. 2013. 1918–2013. Chronology. Kyiv: Fenix (in Ukrainian).
- National Academy of Sciences of Ukraine. 2018. 1918–2018. Outstanding achievements. Kyiv: Fenix (in Ukrainian).
- Oleksandr Dmytrovych Fedorovskyi to the 90-th anniversary from his birth. 2021. *Ukrainian journal of remote sensing*, 8 (1): 45–46. <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0001227959> (in Ukrainian).
- O.M. Marinich: life in service to people: to the 95th anniversary from his birth. 2015. Kyiv: Publishing center “Kyiv University” (in Ukrainian).
- Pavlyuk M., Nazarchuk Z. 2017. Academician Grigoriy Nasarovich Dolenko – coryphaeus of the oil and gas geology, great organizer of science and true patriot of Ukraine (to the 100th anniversary from his birth). *Geologiya i geokhimiya goruchikh kopalun*, 170–171: 11–14 (in Ukrainian).
- Paliy V.M., Khramov Yu.O. 2013. National Academy of Sciences of Ukraine. 1918–2013. Personal composition. 6th ed., add. and ex. Kyiv: Fenix (in Ukrainian).
- Polovko S.G. 2010. School of Marine Hydrogeology of A.E. Babintsya in action. *Geologiya i korysni kopalyny Svitovogo okeanu*, (2): 85–91 (in Ukrainian).
- Starostenko V.I. 2020. Ye.F. Shnyukov – famous marine geologist, head of the expedition of 19th scientific trip of the research vessel “Akademik Vernadsky” to the Indian Ocean (to the 90th anniversary). *Geologiya i korysni kopalyny Svitovogo okeanu*, 16 (1): 11–35. <https://doi.org/10.15407/gpimo2020.01.011> (in Russian).
- Starostenko V.I., Koboлев V.P., Kuchma V.G. 2022. To the 90th anniversary from the birth of Anatoly Vasilyevich Chekunov. *Geophys. Journal*, 44 (2): 170–176 (in Russian).
- Starostenko V.I., Koboлев V.P. 2023. 60th anniversary of the Earth Sciences Department of the NAS of Ukraine. *Geophys. Journal*, 45 (4): 178–184 (in Ukrainian).
- Shatalov M.M. 2015a. Creators of tectoorogeny. To the 110th anniversary of academician V.G. Bondarchuk and 90th anniversary of academician I.I. Chebanenko. *Visnyk NAN Ukrainu*, (6): 89–95 (in Ukrainian).
- Shatalov N.N. 2015b. To the memory of the outstanding tectonist Academician Ivan Ilyich Chebanenko (To the 90th anniversary from his birth). *Geologichnij zhurnal*, 2 (354): 133–137 (in Russian).
- Shatalov N.N. 2015в. To the memory of the famous oil geologist Vladimir Konstantinovich Gavrish (To the 90th anniversary from his birth). *Geologichnij zhurnal*, 2 (354): 138–141 (in Russian).
- Shestopalov V.M., Onishchenko I.P. 2012. Yevtykhiyovych Babynets (to 100th anniversary from his birth). *Geologichnij zhurnal*, 1 (352): 111–113 (in Ukrainian).

<https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.291643>
УДК 55(092)

Пам'яті знаної української вченої, стратиграфа-мікропалеонтолога Діни Маркіянівни П'яtkової (20 січня 1932 – 17 травня 2023)

Ю.Б. Дорот'як*, Ю.В. Клименко, І.С. Супрун

Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна

E-mail: dorotyak78@gmail.com;
yulia_k77@ukr.net; suprun_is@ukr.net

*Corresponding author /
Автор для кореспонденції:
Yu.B. Dorotiak, dorotyak78@gmail.com

In memory the well-known Ukrainian scientist, stratigrapher-micropaleontologist Dina Markiiianivna Pyatkova (January 20, 1932 – May 17, 2023)

Yu.B. Dorotiak*, Yu.V. Klymenko, I.S. Suprun

Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Received / Надійшла до редакції:
27.11.2023

Received in revised form /
Надійшла у ревізованій формі:
30.01.2024

Accepted / Прийнята:
01.03.2024

Keywords: biography; Jurassic deposits; stratigraphy; palaeontology; foraminifera.

Ключові слова: біографія; юрські відклади; стратиграфія; палеонтологія; форамініфери.

The article is dedicated to Dina Markiiianivna Pyatkova, a well-known scientist and researcher in the field of stratigraphy and paleontology, candidate of geological and mineralogical sciences, senior researcher of the department of stratigraphy and paleontology of Mesozoic sediments of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine. The main facts from the biography of Dina Markiiianivna Pyatkova, her research activities, main achievements and most important scientific publications are highlighted.

Стаття присвячена Діні Маркіянівни П'яtkовій – відомій вченій та дослідниці в галузі стратиграфії і палеонтології, кандидату геолого-мінералогічних наук, старшому науковому співробітнику відділу стратиграфії і палеонтології мезозойських відкладів Інституту геологічних наук НАН України. Висвітлено основні етапи життя з біографії Діни Маркіянівни П'яtkової, її науково-дослідницька діяльність, головні здобутки та найважливіші наукові публікації.

© Видавець Інститут геологічних наук НАН України, 2024. Стаття опублікована за умовами відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

© Publisher Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, 2024. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Ц и т у в а н н я : Дорот'як Ю.Б., Клименко Ю.В., Супрун І.С. Пам'яті знаної української вченої, стратиграфа-мікропалеонтолога Діни Маркіянівни П'яtkової (20 січня 1932 – 17 травня 2023). *Геологічний журнал*. 2024. № 1 (386). С. 105–114. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.291643>

Citation: Dorotiak Yu.B., Klymenko Yu.V., Suprun I.S. In memory of the well-known Ukrainian scientist, stratigrapher-micropaleontologist Dina Markiiianivna Pyatkova (January 20, 1932 – May 17, 2023). 2024. *Geologičnij žurnal*, 1 (386): 105–114. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.291643>

17 травня 2023 р. пішла з життя Діна Маркіянівна П'яткова – відома українська вчена, стратиграф-мікропалеонтолог, кандидат геолого-мінералогічних наук, старший науковий співробітник відділу стратиграфії і палеонтології мезозойських відкладів Інституту геологічних наук Національної академії наук України.



Діна Маркіянівна П'яткова. Фото з родинного архіву Г.М. П'яткової

Dina Markiyaniivna Pyatkova. Photo from the family archive of H.M. Pyatkova

Д.М. П'яткова – яскрава представниця мікропалеонтологічної школи академіка П.А. Тутковського, учениця відомої вченої, доктора геолого-мінералогічних наук, професорки Ольги Костянтинівни Каптаренко-Черноусової, фахівець із стратиграфії юрських осадових басейнів Перитетису та з палеонтології, біостратиграфії і палеогеографії юри України за форамініферами.

Діна Маркіянівна П'яткова (Здибко) народилася 20 січня 1932 р. у м. Богуслав Київської області у родині робітників. У 1936 р. вона разом з батьками переїхала до Києва. Під час Другої світової війни (1942–1945) Діна Маркіянівна з матір'ю Анастасією Давидівною Здибко та молодшим братом Володимиром проживали у с. Медвин Богуславського (нині Білоцерківського) району Київської області. Батько Діни Маркіянівни, Маркіян Васильович Здибко, з початком війни пішов на фронт (1941–1945). В серпні 1946 р. родина повернулася з евакуації до м. Київ. У 1951 р. після закінчення київської середньої школи № 98 Діна Маркіянівна вступила на геологічний факультет Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка. В одній групі з нею навчалися майбутні відомі вчені-геологи, доктори геолого-мінералогічних наук В.М. Семененко та А.Я. Радзівілл. Також її однокурсниками були Д.П. Хрущов, Н.Н. Цихоцька та ін. У 1956 р. Д.М. Здибко успішно закінчила університет та здобула кваліфікацію інженера-геолога за спеціальністю «геологічна зйомка і пошуки родовищ корисних копалин».

Трудова діяльність Діни Маркіянівни розпочалася майже одразу після закінчення навчання – у серпні 1956 р. За розподілом її було направлено у Кадзанчадську партію Бозшекульської експедиції Північно-Казахстанського геологічного управління с. Кадзанчад Боян-Аульського району Карагандинської області (Казахстан), де вона три роки працювала молодшим геологом. У Казахстані Діна Маркіянівна зустріла свого майбутнього чоловіка, Михайла Івановича П'яткова, і 17 лютого 1959 р. вони одружилися.



Практикум з петрографії. За першою партою А.Я. Радзівілл (зправа), за другою – Д.М. П'яткова. Фото з родинного архіву Г.М. П'яткової

Workshop on petrography. In the front seat, A.Ya. Radzivil (right), in the back seat – D.M. Pyatkova. Photo from the family archive of H.M. Pyatkova



Практичне заняття з палеонтології у Палеонтологічному музеї АН УРСР. Перший ряд (зліва направо): Д.М. П'яtkова (третя); другий ряд – А.Я. Радзівілл (другий). Фото з родинного архіву Г.М. П'яtkової

Practical lesson on paleontology at the Paleontological Museum of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. First line (from left to right): D.M. Pyatkova (third); second line – A.Ya. Radzivil (second). Photo from the family archive of H.M. Pyatkova



Д.М. П'яtkова (зправа) під час роботи у НДС Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка (1960). Фото з родинного архіву Г.М. П'яtkової

D.M. Pyatkova (right) while working in the research sector of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Photo from the family archive of H.M. Pyatkova

У вересні цього ж року Д.М. П'яtkова разом з чоловіком повернулися до Києва. У квітні 1961 р. у родині П'яtkових народилась донька Ганна. У 1987 р. Ганна Михайлівна закінчила Київський державний університет ім. Т.Г. Шевченка та з 1981 р. працює у Національній бібліотеці України ім. В.І. Вернадського спочатку провідним бібліотекарем, завідувачкою сектору організації підсобних фондів і каталогів, а з 2012 р. – молодшим науковим співробітником.

З січня по березень 1960 р. Діна Маркіянівна працювала інженером у Науково-дослідному секторі Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка.

З березня 1960 р. розпочалася трудова та наукова діяльність Д.М. П'яtkової в Інституті геологічних наук (ІГН) АН УРСР, яка тривала 55 років.



Відділ стратиграфії і палеонтології мезозойських відкладів (червень 1968 року). Перший ряд (зліва направо): Л.Г. Беляя, О.В. Іванніков, О.К. Каптаренко-Черноусова, Л.М. Голяк, І.М. Ямниченко. Другий ряд: І.І. Нікітін, О.С. Липник, Т.В. Астахова, О.В. Паришев, Д.М. П'яtkова, Л.Ф. Плотнікова. Третій ряд: М.М. Пермякова, В.С. Горбунов, З.К. Ільїнська, Т.І. Немировська. Фото з родинного архіву Г.М. П'яtkової

Department of stratigraphy and paleontology of Mesozoic Sediments (June 1968). First row (from left to right): L.H. Bielaia, O.V. Ivannikov, O.K. Kartarenko-Chernousova, L.M. Holiak, I.M. Yamnychenko. Second row: I.I. Nikitin, O.S. Lypruk, T.V. Astakhova, O.V. Paryshev, D.M. Pyatkova, L.F. Plotnikova. Third row: M.M. Permiakova, V.S. Horbunov, Z.K. Ilinska, T.I. Nemyrovska. Photo from the family archive of H.M. Pyatkova



Мікропалеонтологи відділу стратиграфії і палеонтології мезозойських відкладів (1980 р.). Зліва направо: Л.Ф. Плотнікова, М.М. Пермькова, О.С. Липник, Л.Г. Белая (технік), Д.М. П'яткова. Фото з родинного архіву Г.М. П'яткової

Micropaleontologist of the department of stratigraphy and paleontology of Mesozoic sediments (1980). From the left to right: L.F. Plotnikova, M.M. Permiakova, O.S. Lyynyk, L.H. Bielaia (technician), D.M. Pyatkova. Photo from the family archive of H.M. Pyatkova

Упродовж всього життя вона працювала наполегливо і самовіддано. Спочатку обіймала посаду інженера за договором з трестом «Луганськвуглегеологія». Згодом була переведена на штатну посаду інженера до відділу геології мезозойських відкладів, 29 грудня 1965 р. – молодшого наукового співробітника ІГН АН УРСР. Кожні три роки (1965–1982) вона проходила конкурс на заміщення цієї посади.

Діна Маркіянівна була професійним польовим геологом. Вона брала участь у багатьох геологічних експедиціях. Під час експедиційних досліджень нею зібраний цінний фактичний матеріал зі свердловин та відслонень, що давав великий обсяг нових даних, важливих для подальших геологічних, стратиграфічних і палеонтологічних досліджень. Незмінним помічником Д.М. П'яткової при зборі та обробці кам'яного матеріалу протягом 50 років була технік відділу мезозою Людмила Георгіївна Белая.

Фундаментальні і прикладні дослідження вченої були пов'язані з вивченням просторово-часового розподілу, систематичного складу, палеоекології, біозонування юрських форамініфер, детальної стратифікації та палеогеографії юрських відкладів різних регіонів України – Українського щита (УЩ), Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ), Донбасу та Криму (Доротяк та ін., 2022).

Основними напрямками наукової діяльності Діни Маркіянівни були:

- *Стратиграфія мезозойських відкладів України*, зокрема ДДЗ, Донбасу, УЩ, Криму та шельфу Чорного моря. Детальна стратифікація розрізів, обґрунтування просторово-часових закономірностей утворення юрських відкладів

України за форамініферами. Д.М. П'яткова є автором розроблених модернізованих регіональних та міжрегіональних стратиграфічних схем мезозойських відкладів.

- *Біостратиграфія* – Діна Маркіянівна є співавтором біозональних шкал юрських відкладів України («Стратиграфія верхнього протерозою та фанерозою України. Т. 1. Стратиграфія верхнього протерозою, палеозою та мезозою України») (Стратиграфія..., 2013).
- *Палеонтологія* – стратиграфічний розподіл, систематика, палеоекологія та палеогеографія юрських форамініфер. Дослідницею розроблено засади систематики, детальної стратифікації юрських відкладів за форамініферами. Показано значення бентосних форамініфер для палеоекології та палеогеографії.

Д.М. П'яткова зробила вагомий внесок у вивчення форамініфер з юрських відкладів України. Результати отриманих досліджень вчена неодноразово оприлюднювала на різноманітних колоквіумах, семінарах, нарадах та симпозіумах. Зокрема, у вересні 1971 р. брала участь в проведенні XII Європейського мікропалеонтологічного колоквіуму разом з мікропалеонтологами відділів стратиграфії та палеонтології мезозойських і кайнозойських відкладів ІГН АН УРСР; у листопаді 1972 р. доповідала на семінарі із систематики юрських нодозар'їд у м. Вільнюс; у листопаді 1974 р. брала участь у роботі наради з систематики юрських цератобуліміноїдів; в квітні 1979 р. була учасником симпозіуму «Биостратиграфия верхнеюрских отложений СССР (по данным фораминифер)» у м. Вільнюс, де була членом оргкомітету.



Д.М. П'яtkова (перша зправа) – учасниця XII Європейського мікропалеонтологічного колоквіуму (1971 р.). Фото з родинного архіву Г.М. П'яtkової

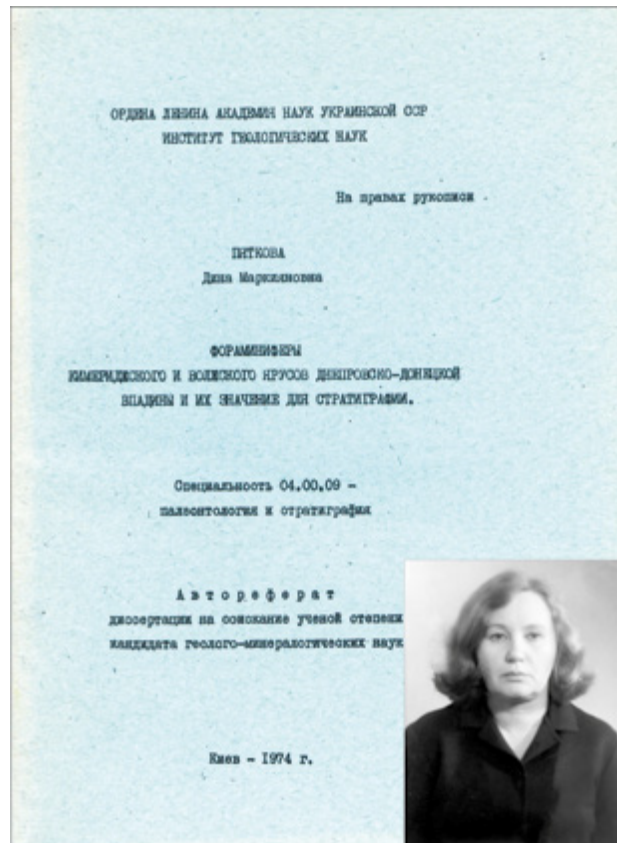
D.M. Pyatkova (first from right) is a participant of the 12th European Micropaleontological Colloquium (1971). Photo from the family archive of H.M. Pyatkova

22 жовтня 1974 р. Діна Маркіянівна успішно захистила підготовлену під керівництвом доктора геолого-мінералогічних наук Ольги Костянтинівни Каптаренко-Черноусової кандидатську дисертацію на тему «Фораминифери кимериджського і волзького ярусів Дніпровсько-Донецької западини і їх значення для стратиграфії» та здобула ступінь кандидата геолого-мінералогічних наук за спеціальністю «палеонтологія і стратиграфія».

Після захисту кандидатської дисертації дослідниця продовжувала свою наукову діяльність в ІГН АН УРСР, де працювала у відділі стратиграфії і палеонтології мезозойських відкладів спочатку на посаді молодшого (до 1982 р.), а згодом старшого (1982–2015 рр.) наукового співробітника.

З 1962 по 1992 р. вчена виконувала проекти за договірною тематикою з різними геолого-розвідувальними організаціями України та за її межами. Активно співпрацювала з Ніжинською структурно-пошуковою партією № 1 тресту «Чернігівнафтогазрозвідка», Харківською КГРЕ тресту «Дніпрогеологія», Кримською КГРЕ, Артемівською КГРЕ, Харківською КГРЕ тресту «Укрпівденьгеологія», Причорноморською КГРЕ, з Білоруським НДГРІ, надавала численні консультації палеонтологам тресту «Київгеологія», Чернігівської, Дурлештської КГРЕ в процесі розробки проєктів прогнозу, пошуків, розвідки, експлуатації рудних, нерудних, вуглеводневих родовищ при геолого-картувальних різномасштабних роботах.

Д.М. П'яtkова брала участь у впровадженні наукових розробок у виробництво. Зокрема, у 1975 р. за результатами вивчення фауни фораминифер верхньої юри нею було уточнено обсяг відкладів



Титульна сторінка автореферату кандидатської дисертації та фотографія Д.М. П'яtkової. Фото, архів ІГН НАН України

The title page of the author's abstract of the candidate's dissertation and photo of D.M. Pyatkova. Photo from the archive of the IGS of the National Academy of Sciences of Ukraine

оксфордського, кімериджського і волзького ярусів у Дніпровсько-Донецькій западині. Результати визначення фауни фораминифер з верхньоюрських відкладів використано для розчленування юрської товщі пошуково-розвідувальними партіями тресту «Чернігівнафтогазрозвідка», Харківською КГРЕ тресту «Дніпрогеологія». Ці дані були використані при побудові стратиграфічних таблиць і кореляції відкладів Гнідинцівської, Лелеко-Озерянської, Пирятинської та інших площ, де проводилося пошуково-розвідувальне буріння на нафту та газ (Веклич, Лещух, 2012; Стратиграфія..., 2013).

Протягом 1966–2015 рр. Д.М. П'яtkова брала участь у розробці та виконанні численних бюджетних тем у відділі стратиграфії і палеонтології мезозойських відкладів ІГН НАН України, де була самостійним виконавцем підрозділів та цілих розділів проєктів різного спрямування.

У 1970 р. вона була автором розділу «Юрские фораминиферы СССР», що увійшов до кінцевого звіту відділу за темою «Фауна мезозойских отложений СССР (палеонтологический справочник)»,

де наведено характеристику, синоніміку, географічне та стратиграфічне поширення і фаціальну приуроченість відомих на території нашої держави 434 видів юрських форамініфер, що належать до 62 родів, 20 родин, 85 видів наведено для України вперше. Робота ілюстрована 46 палеонтологічними таблицями, таблицею стратиграфічного поширення видів, стратиграфічною схемою юрських відкладів УРСР.

У 1975 р. Д.М. П'яткова завершила роботу над розділом «Верхнеюрские фораминиферы Днепро-Донецкой впадины и северо-восточной окраины Донбасса», що був включений до кінцевого звіту відділу мезозою за темою «Фауна и стратиграфия юрских, меловых и палеогеновых отложений Украины». Монографічно було описано 25 нових видів родини нодозаріїд.

Дослідниця багато років продуктивно співпрацювала в одному відділі з відомою мікропалеонтологом-остракологом, стратиграфом юрських відкладів України, кандидатом геолого-мінералогічних наук Маргаритою Миколаївною Пермяковою. Однією із спільних фундаментальних праць

Діни Маркіянівни та Маргарити Миколаївни є палеонтологічний довідник «Фораминиферы и остракоды юры Украины. Палеонтологический справочник», яка була на той час в СРСР виконана вперше за цими групами фауни. В палеонтологічний довідник увійшли 450 видів форамініфер і 156 видів остракод, багато з яких для України були наведені вперше. Довідник ілюстровано 72 палеонтологічними і стратиграфічними таблицями (Пяткова, Пермякова, 1978).

У 1980 р. Д.М. П'яткова брала участь у виконанні теми «Научное обоснование детальных стратиграфических схем территории УССР и МССР» (керівник д-р геол.-мін. наук І.М. Ямниченко) та працювала за темою «Стратиграфия и тектоника Южноукраинской нефтеносной области» (керівник д-р геол.-мін. наук, проф. Ю.В. Тесленко-Дукельський). Нею було вивчено літературний і фондовий матеріал, досліджено та стратифіковано розрізи юрських відкладів, проведено кореляцію одновікових відкладів на території досліджень, зібрано колекцію юрських форамініфер.



Співробітники відділу стратиграфії і палеонтології мезозойських відкладів ІГН АН УРСР (1972 р.). Перший ряд (зліва направо) – невідома, Н.П. Усова, В.В. Пермяков, І.М. Ямниченко, З.К. Ільїнська, С.А. Люльєва. Другий ряд – О.С. Липник, М.М. Пермякова, Л.Ф. Плотнікова, О.В. Іванніков, І.І. Нікітін, Д.М. П'яткова, Т.В. Астахова, Л.Г. Белая. Фото з родинного архіву Г.М. П'яткової

Staff members of the Department of stratigraphy and paleontology of the Mesozoic deposits of the Institute of Geological Sciences of Academy of Sciences of the Ukrainian Soviet Socialist Republic (1972). First line (from left to right) – unidentified individual, N.P. Usova, V.V. Permiakov, I.M. Yamnychenko, Z.K. Ilinska, S.A. Liulieva. Second line – O.S. Lypnyk, M.M. Permiakova, L.F. Plotnikova, O.V. Ivannikov, I.I. Nikitin, D.M. Pyatkova, T.V. Astakhova, L.H. Bielaya. Photo from the family archive of H.M. Pyatkova

З 1988 р вчена брала участь у чотирьох науково-дослідних рейсах у Чорне море, під час яких вона досліджувала мезозойські відклади континентального схилу Чорного моря. Результати досліджень були опубліковані в монографії «Геологические исследования НИС «Киев» в Черном море (4-й рейс)» (1996), препринтах, зокрема це «Геологические исследования 44 рейса НИС «Академик Вернадский» в Черное море» (1993), «Геологические исследования рейса НИС «Ихтиандр» в Черное море» (1994) та ін., а також у статтях.

З 1995 р. Д.М. П'яткова працювала за темою «Умови розвитку безхребетних і осадконакопичення в мезозойських морях України» (керівник д-р геол.-мін. наук, проф. Д. Є. Макаренко), де виконувала розділ «Піщані форамініфери як показник зміни фаціальних умов юрських відкладів України», а також брала участь у дослідженнях мезозойських відкладів континентального схилу Чорного моря за проєктом «Геоморя».

За міжнародною програмою «Peri-Tetys» Jurassic system (2000) у співавторстві з В.В. Пермяковим і М.М. Пермяковою (1997, 1998 рр.) нею складено палеогеографічні та літолого-фаціальні карти верхнього синемюру, середнього келовею (зона Coronatum) нижнього кімериджу, нижнього титону та середнього тоару (зона Bifrons) України. Карти були надіслані у Францію (Париж, 2000 р.).



На палубі НДС «Академік Вернадський» Д.М. Пяткова (зліва) та Н.В. Маслун (1988 р.). Фото з родинного архіву Г.М. П'яткової
On the deck of the RV "Akademik Vernadskiy" D.M. Pyatkova (left) and N.V. Maslun (1988). Photo from the family archive of H.M. Pyatkova

Протягом 1999–2003 рр. Д.М. П'яткова брала участь у виконанні теми «Стратиграфія і кореляція фанерозойських відкладів нафтогазоносних та вугленосних провінцій України» (керівник д-р геол.-мін. наук, проф. М.М. Іванік), де виконувала розділ «Стратиграфія і кореляція юрських відкладів нафтогазоносних та вугленосних провінцій України за фауною форамініфер».

У 2004–2008 рр. за темою «Палеогеографічні, еволюційні, палеоекологічні критерії стратиграфічного поділу відкладів фанерозою України» (керівник д-р геол.-мін. наук, проф. М.М. Іванік) вчена була автором розділу «Палеогеографічні, еволюційні, палеоекологічні критерії стратиграфічного поділу юрських відкладів платформної України за фауною форамініфер».

У 2009–2012 рр. за темою «Створення та модернізація стратиграфічних схем фанерозойських відкладів України» (керівник д-р геол.-мін. наук, проф. М.М. Іванік) брала участь у виконанні розділу «Вдосконалення та модернізація схем мезозойських відкладів України», в якому були розроблені та модернізовані біостратиграфічні схеми розчленування відкладів юри за форамініферами (Стратиграфія..., 2013; Іванік та ін., 2014, 2018).

В рамках теми (2013–2017) «Ортостратиграфічні групи фауни і флори та опорні розрізи регіональних стратиграфічних підрозділів фанерозою України» (керівник д-р геол.-мін. наук, проф. М.М. Іванік) Діною Маркіянівною було виділено опорні розрізи оксфордського, кімериджського і титонського ярусів ДДЗ, визначено їх літологічний склад та встановлено форамініферові зони і комплекси, характерні для цих відкладів.

Д.М. П'яткова неодноразово брала участь у складанні палеогеографічних карт юри України, а також була відповідальним виконавцем семи стратиграфічних схем юрських відкладів – північно-західного узбережжя Чорного моря (Дністровсько-Прутське межиріччя, Присивашся, Рівнинний Крим), східної частини платформної України (ДДЗ, УЩ, північно-західна окраїна Донбасу) та Гірського Криму, які опубліковано в 2012 р.

Дослідниця зробила вагомий внесок у розвиток палеонтолого-стратиграфічних досліджень в Україні. Вона є автором близько 100 друкованих праць у вітчизняних та зарубіжних виданнях, які присвячені вивченню форамініфер, стратиграфії, палеонтології, палеогеографії та корисним копалинам юрських відкладів України (УЩ, ДДЗ, Донбасу, Криму), в тому числі співавтором 11 монографій та п'яти препринтів.



Співробітники відділу стратиграфії і палеонтології мезозойських відкладів (м. Київ, 23 січня 2012 р.): 1 ряд (зліва направо) – О.А. Сіренко, Л.Ф. Плотнікова, С.В. Сябряй, М.М. Іванік; 2 ряд – О.А. Шевчук, Ю.В. Клименко, Д.М. П'яткова, Н.В. Маслун (відділ геоєкології та пошукових досліджень ІГН НАН України), О.Д. Веклич, С.О. Молчанов. Фото з архіву Н.В. Маслун

The staff of the Department of Stratigraphy and Paleontology of Mesozoic Sediments (Kyiv, January 23, 2012): 1st row (from left to right) – O.A. Sirenko, L.F. Plotnikova, S.V. Siabriai, M.M. Ivanik; 2nd row – O.A. Shevchuk, Yu.V. Klymenko, D.M. Pyatkova, N.V. Maslun (Department of Geoecology and Exploration Research, IGS NAS of Ukraine), O.D. Veklych, S.O. Molchanov. Photo from the archive of N.V. Maslun



Відомі мікропалеонтологи-форамініферщиці (зліва направо) Д.М. П'яткова, Н.В. Маслун та Л.Ф. Плотнікова у відділі стратиграфії і палеонтології мезозойських відкладів ІГН НАН України (м. Київ, 23 січня 2012 р.). Фото з архіву Н.В. Маслун

Famous foraminiferal micropaleontologists (from left to right) D.M. Pyatkova, N.V. Maslun and L.F. Plotnikova at the Department of Stratigraphy and Paleontology of Mesozoic Sediments of the IGS of the National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv, January 23, 2012). Photo from the archive of N.V. Maslun

У науковому доробку Діни Маркіянівни монографії: «Стратиграфія УРСР. Т. 7. Юра» (Стратиграфія..., 1969), «Палеонтологический справочник. Юрские фораминиферы и остракоды УССР. Т. 1» (1970), «Стратиграфический словарь УССР» (Стратиграфический..., 1985), «Успехи в изучении микроорганизмов мезо-кайнозоя Украины» (Пяткова, 1971), «Обоснование стратиграфических подразделений мезо-кайнозоя Украины по микрофауне» (Обоснование..., 1975), «Фораминиферы и остракоды юры Украины» (Пяткова, Пермякова, 1978), «Биостратиграфия верхнеюрских отложений СССР по фораминиферам» (Биостратиграфия..., 1982), «Практическое руководство по микрофауне СССР. Фораминиферы мезозоя» (Практическое..., 1991), «Геология и полезные ископаемые Черного моря» (1997),

«Стратиграфія верхнього протерозою та фанерозою України. Т. 1. Стратиграфія верхнього протерозою, палеозою та мезозою України» (Стратиграфія..., 2013) та ін.; препринти: «Новые данные по стратиграфии юрских отложений Донбасса и Днепровско-Донецкой впадины» (Никитин и др., 1983), «Результаты геологических исследований 37 рейса в Черное море НИС «Академик Вернадский» (Результаты..., 1988), «Мезозойские отложения Крымского континентального склона Черного моря» (Пяткова и др., 1989) та ін., а також карти: «Литолого-палеогеографические карты СССР. Масштаб 1:7 500 000» (1968), у співавторстві створено 10 палеогеографічних та літолого-фаціальних карт за міжнародним проектом «Peri-Tetys» Jurassic system (2000) та схеми: «Стратиграфическая схема юрских отложений Украинского щита, Днепровско-Донецкой впадины, северо-западной окраины Донецкого складчатого сооружения» (Пермяков и др., 1993), «Стратиграфическая схема юрских отложений Украинского щита, Днепровско-Донецкой впадины и северо-западных окраин Донбасса» (1994, 1995) та ін. Вона була автором 13 оновлених стратиграфічних схем юрських відкладів України (2013).

Вчена була активним організатором і учасником всесоюзних колоквиумів з форамініфер та біостратиграфії юрських відкладів, сесій Всесоюзного палеонтологічного товариства, мікропалеонтологічних симпозиумів, численних сесій Палеонтологічного товариства України, а також міжнародних та всеукраїнських конференцій.

Поряд з науковою роботою Д.М. П'яткова значну увагу приділяла також і громадській діяльності. З 1970 р. вона була секретарем експертної комісії ІГН АН УРСР, вченим секретарем відділення стратиграфії та палеонтології ІГН НАН України (до 2011 р.),



Монографії та препринти за участі та авторства Д.М. П'яткової
Monographs and preprints with the participation and authorship of D.M. Pyatkova



Зустріч однокурсників 1956 року випуску геологічного факультету Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка (7 травня 2006 р.). Перший ряд (зліва направо): Н.Н. Цихоцька (четверта), Д.М. П'яткова (сьома); другий ряд – С.Я. Єгорова (друга), Р.С. Фордуй (шостий), В.М. Семенов (одинадцятий); останній ряд – В.М. Нероденко (десятий), Д.П. Хрущов (одинадцятий), А.Я. Радзівілл (дванадцятий). Фото з родинного архіву Г.М. П'яткової

Meeting of fellow students graduated from the Faculty of Geology of Taras Shevchenko National University of Kyiv in 1956. First row (from left to right): N.N. Tsyhotska (fourth), D.M. Pyatkova (seventh); second row – S.Ya. Yehorova (second), R.S. Fordui (sixth), V.M. Semenenko (eleventh); the last row – V.M. Nerodenko (tenth), D.P. Khrushchev (eleventh), A.Ya. Radziwill (twelfth). Photo from the family archive of H.M. Pyatkova

а також вченим секретарем мезозойської комісії Національного стратиграфічного комітету України (до 2003 р.). З 1963 р. до 1990-х років Діна Маркіянівна була проформом відділу мезозою.

17 травня 2023 р. на 92-му році життя Діна Маркіянівна завершила свій земний шлях, більшу частину якого вона присвятила науці. Діна Маркіянівна запам'яталась працелюбною, цілеспрямованою, інтелігентною, доброзичли-

вою, порядною та чуйною людиною, яка завжди могла підтримати, порадити та була готова прийти на допомогу в складних життєвих обставинах. Світла пам'ять про Діну Маркіянівну П'яткову назавжди залишиться у серцях та спогадах її колег, учнів, друзів, а її наукові здобутки слугуватимуть багатьом наступним поколінням дослідників не лише в Україні, а й за її межами.

Список літератури

- Биостратиграфия верхнеюрских отложений СССР по фораминиферам: Григалис А.А. (ред.). Вильнюс: Мокслас, 1982. 171 с.
- Веклич О.Д., Лещух Р.Й., П'яткова Діна Маркіянівна (до 80-річчя від дня народження). *Палеонтол. зб.* 2012. № 44. С. 127–130.
- Доротяк Ю.Б., Веклич О.Д., Шевчук О.А. П'яткова Діна Маркіянівна (До 90-річчя від дня народження). *Геол. журн.* 2022. № 1 (378). С. 89–93. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2022.1.251068>
- Іванік М.М., Жабіна Н.М., Дикань К.В., Шевчук О.А. Відділ стратиграфії та палеонтології мезозойських відкладів Інституту геологічних наук НАН України – джерело української палеонтології і стратиграфії. *Геол. журн.* 2018. № 4 (365). С. 81–102. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2018.4.148469>
- Іванік М.М., П'яткова Д.М., Плотнікова Л.Ф., Жабіна Н.М., Шевчук О.А., Веклич О.Д., Анікеєва О.В. Модернізація стратиграфічних схем мезозойських відкладів України. *Тектоніка і стратиграфія.* 2014. Вип. 41. С. 75–89.
- Никитин И.И., Пермякова В.В., Пермякова М.Н., Пяткова Д.М., Ямниченко И.М. Новые данные по стратиграфии юрских отложений Донбасса и Днепровско-Донецкой впадины. Киев, 1983. 56 с. (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; № 83-3).
- Обоснование стратиграфических подразделений мезо-кайнозоя Украины по микрофауне: Каптаренко-Черноусова О.К. (отв. ред.). Киев: Наукова думка, 1975. 231 с.
- Пермяков В.В., Пермякова М.Н., Пяткова Д.М., Стерлин Б.П., Ямниченко И.М. Стратиграфическая схема юрских отложений Украинского щита, Днепровско-Донецкой впадины, северо-западной окраины Донецкого складчатого сооружения. Стратиграфические схемы фанерозоя и докембрия Украины. Стратиграфические схемы фанерозойских образований Украины для геологических карт нового поколения. Графические приложения. Киев, 1993.
- Практическое руководство по микрофауне СССР. Справочник для палеонтологов и геологов: в 9-ти т. Т. 5. Биостратиграфия мезозойских отложений СССР по фораминиферам: Соколов Б.С. (гл. ред.). Ленинград: Недра, 1991. 318 с.
- Пяткова Д.М. Фораминиферы мезо-кайнозойских отложений УССР. *Успехи в изучении микроорганизмов мезо-кайнозоя Украины.* Киев: Наукова думка, 1971. С. 29–58.
- Пяткова Д.М., Иноземцев Ю.И., Оровецкий Ю.Ю., Шнюкова Е.Е., Пасынков А.А. Мезозойские отложения Крымского континентального склона Черного моря. Результаты 37 рейса в Черное море НИС «Академик Вернадский». Киев, 1989. 40 с. (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; № 89-15).
- Пяткова Д.М., Пермякова М.Н. Фораминиферы и остракоды юры Украины. Палеонтологический справочник. Киев: Наукова думка, 1978. 289 с.
- Результаты геологических исследований 37 рейса в Черное море НИС «Академик Вернадский»: Шнюков Е.Ф. (отв. ред.). Киев, 1988. 36 с. (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; № 88-37).
- Стратиграфический словарь УССР: Бондарчук В.Г. (ред.). Киев: Наукова думка, 1985. 240 с.
- Стратиграфія верхнього протерозою та фанерозою України: у 2-х т. Т. 1. Стратиграфія верхнього протерозою, палеозою та мезозою України: Гожик П.Ф. (гол. ред.). Київ: Логос, 2013. 638 с.
- Стратиграфія УРСР. Т. 7. Юра: Ямниченко І.М. (ред.). Київ: Наукова думка, 1969. 216 с.

References

- Grigyalis A.A. (Ed.). 1982. Biostratigraphy of the Upper Jurassic deposits of the USSR based on foraminifera. Vilnius: Mokslas (in Russian).
- Veklych O.D., Leshchukh R.I. 2012. Dina Markiyaniivna Pyatkova (to the 80th birthday). *Paleontological collection.* 44: 127–130 (in Ukrainian).
- Dorotiak Yu.B., Veklych O.D., Shevchuk O.A. 2022. Dina Markiyaniivna Pyatkova (To the 90th birthday). *Geologičnij žurnal*, 1 (378): 89–93. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2022.1.251068> (in Ukrainian).
- Ivanik M.M., Zhabina N.M., Dykan K.V., Shevchuk O.A. 2018. Department of stratigraphy and paleontology of the Mesozoic deposits in the Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine – a source of Ukrainian paleontology and stratigraphy. *Geologičnij žurnal*, 4 (365): 81–102. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2018.4.148469> (in Ukrainian).
- Ivanik M.M., Pyatkova D.M., Plotnikova L.F., Zhabina N.M., Shevchuk O.A., Veklych O.D., Anikeeva O.V. 2014. Modernization of stratigraphic schemes of Mesozoic sediments of Ukraine. *Tectonics and stratigraphy*, 41: 75–89 (in Ukrainian).
- Nykytyn Y.Y., Permiakov V.V., Permiakova M.N., Pyatkova D.M., Yamnychenko Y.M. 1983. New data on the stratigraphy of the Jurassic deposits of the Donbass and the Dnieper-Donets Basin. Kyiv. 56 p. (Prepr. / AN USSR. Institute of Geological Sciences; No. 83-3) (in Russian).
- Kaptarenko-Chernousova O.K. (Ex. ed.). 1975. Justification of the stratigraphic divisions of the Meso-Cenozoic of Ukraine based on microfauna. Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
- Permiakov V.V., Permiakova M.N., Pyatkova D.M., Sterlyn B.P., Yamnychenko Y.M. 1993. Stratigraphic diagram of Jurassic deposits of the Ukrainian shield, the Dnieper-Donets depression, the northwestern edge of the Donetsk folded structure. Stratigraphic schemes of the Phanerozoic and Precambrian of Ukraine. Stratigraphic schemes of Phanerozoic formations of Ukraine for geological maps of the new generation. Graphic applications. Kyiv (in Russian).
- Sokolov B.S. (Chief ed.). 1991. Practical guide to the microfauna of the USSR. Handbook for palaeontologists and geologists: in 9 vols. Vol. 5. Biostratigraphy of Mesozoic deposits of the USSR based on foraminifera. Leningrad: Nedra (in Russian).
- Pyatkova D.M. 1971. Foraminifers of Meso-Cenozoic deposits of the URSR. *Progress in the study of microorganisms of the Meso-Cenozoic of Ukraine.* Kyiv, Naukova Dumka, p. 29–58 (in Russian).
- Pyatkova D.M., Inozemtsev Yu.I., Orovetsky Yu.Yu., Shnyukova E.E., Pasyнков A.A. 1989. Mesozoic deposits of the Crimean continental slope of the Black Sea. Results of the 37th voyage to the Black Sea of the research vessel "Academik Vernadsky". Kyiv. 40 p. (Prepr. / AS of Ukraine. Institute of Geological Sciences; No. 89-15) (in Russian).
- Pyatkova D.M., Permyakova M.N. 1978. Foraminifers and ostracods of the Jurassic of Ukraine. *Paleontological Handbook.* Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
- Shnyukov E.F. (Resp. ed.). 1988. Results of geological research of the 37th voyage to the Black Sea of the research vessel "Academik Vernadsky". Kyiv. 36 p. (Prepr. / AS of Ukraine. Institute of Geological Sciences; No. 88-37) (in Russian).
- Bondarchuk V.G. (Ed.). 1985. Stratigraphic Dictionary of the Ukrainian SSR. Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
- Gozhyk P.F. 2013. Stratigraphy of Upper Proterozoic and Phanerozoic of Ukraine: in 2 vols. 1. Stratigraphy of Upper Proterozoic, Paleozoic and Mesozoic of Ukraine. Kyiv: Lohos (in Ukrainian).
- Yamnychenko I.M. (Ed.). 1969. Stratigraphy of the URSR. Vol. 7. Jurassic. Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).



<https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.300738>

УДК 55(092)

Пам'яті видатного науковця академіка НАН України В'ячеслава Михайловича Шестопалова (18 липня 1936 – 10 грудня 2023)

Received / Надійшла до редакції:
02.01.2024

Received in revised form /
Надійшла у ревізованій формі:
08.02.2024

Accepted / Прийнята:
01.03.2024

С.Б. Шехунова

Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна

Tribute to Vyacheslav Mykhailovych Shestopalov, prominent scientist Academician of the NAS of Ukraine (18 July 1936 – 10 December 2023)

S.B. Shekhunova

Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Ключові слова: В'ячеслав Михайлович Шестопалов; наукова спадщина; гідрогеологія; інженерна геологія; гідроекологія; радіоекологія.

Keywords: Vyacheslav Mykhailovych Shestopalov; scientific heritage; hydrogeology; engineering geology; hydroecology; radio-ecology.

У статті стисло висвітлено життєвий шлях та наукову спадщину В'ячеслава Михайловича Шестопалова, видатного вченого, гідрогеолога, екогеолога, засновника школи польової інженерної гідрорадіоекології, академіка Національної академії наук України.

The article highlights the life and scientific legacy of Viacheslav Mykhailovych Shestopalov, an outstanding hydrogeologist, scientist, ecogeologist, founder of the School of Field Hydroradioecology Engineering, and Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine.

© Видавець Інститут геологічних наук НАН України, 2024. Стаття опублікована за умовами відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

© Publisher Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, 2024. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Ц и т у в а н н я : Шехунова С.Б. Пам'яті видатного науковця академіка НАН України В'ячеслава Михайловича Шестопалова. *Геологічний журнал*. 2024. № 1 (386). С. 115–131. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.300738>

C i t a t i o n : Shekhunova S.B. Tribute to Vyacheslav Mykhailovych Shestopalov, prominent scientist Academician of the NAS of Ukraine (18 July 1936 – 10 December 2023). 2024. *Geologičnij žurnal*, 1 (386): 115–131. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.300738>

10 грудня 2023 р. перервалося життя видатного вченого, гідрогеолога, екогеолога, засновника школи інженерної польової/полігонної гідрорадіоекології, академіка Національної академії наук України В'ячеслава Михайловича Шестопалова.

В.М. Шестопалов – доктор геолого-мінералогічних наук (1983), професор (1991), член-кореспондент НАН України (1988), академік НАН України (1995), заступник директора з наукової роботи Інституту геологічних наук (ІГН) НАН України (з 1984 р.), керівник Відділення гідрогеології та інженерної геології ІГН, директор Науково-інженерного центру радіогідрогеоекологічних полігонних досліджень НАН України (з 1991 р.), академік-секретар Відділення наук про Землю НАН України (2004–2015).

Народився В'ячеслав Шестопалов 18 липня 1936 р. у м. Дніпропетровськ у родині службовців.

Під час Другої світової війни він з мамою, Ганною Гаврилівною, був евакуйований у Поволжя, а батько служив в армії. У 1944 р. родина переїхала до Чернівців. Це місто стало для В'ячеслава Михайловича другою малою батьківщиною, тут він закінчив середню школу із золотою медаллю.

З 1954 по 1959 р. юнак навчався на геологічному факультеті Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка, по закінченню якого одержав диплом з відзнакою.

Vyacheslav Mykhailovych Shestopalov, an outstanding hydrogeologist, scientist, ecogeologist, founder of the School of Field Hydroradioecology Engineering, and Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, died on December 10, 2023.

His titles and appointments included: Doctor of Science in Geology and Mineralogy (1983), Professor (1991), Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine (1988), Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine (1995), Deputy Director of Science of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine (since 1984), Head of the Department of Hydrogeology and Engineering Geology of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, Director of the Scientific and Engineering Center of Radiohydrogeological Polygon Research of the National Academy of Sciences of Ukraine (since 1991), Academician-Secretary of the Department of Earth Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine (2004–2015).

Vyacheslav Mykhailovych was born on July 18, 1936, in a civil service family in Dnipropetrovsk.

During World War II, he and his mother, Anna Gavrylivna, were evacuated to the Volga Region, while his father served in the army. In 1944, the family moved to Chernivtsi (Western Ukraine). This city became a second home for Vyacheslav Mykhailovych, where he graduated from high school with a gold medal.

From 1954 to 1959, he studied at the geological faculty of Kyiv State University, where graduated with an honours diploma.



а



b



c

З життя студентів-геологів кінця 1950-х років: В'ячеслав Шестопалов – студент геологічного факультету Київського університету (а); після успішно зданого іспиту біля головного корпусу університету (В'ячеслав Шестопалов – крайній праворуч) (b); складання військової присяги (c)

From the life of geology students in the late 1950s: Vyacheslav Shestopalov, a student of the Faculty of Geology of Kyiv University (a), near the main building of the university after successfully passing the exam (Vyacheslav Shestopalov on the far right) (b); at a ceremony taking a military oath (c)

Після здобуття вищої освіти з 1959 по 1965 р. В'ячеслав Шестопалов працював гідрогеологом, а потім головним гідрогеологом у польових партиях Львівської геологічної експедиції, виконував роботи з геолого-гідрогеологічного знімання. У 1965–1967 рр. у Центральній комплексній геолого-тематичній експедиції тресту «Київгеологія» займався комплексним геолого-гідрогеологічним зніманням території Західної України та Білорусії і підготовкою до видання гідрогеологічних карт.

З 1967 по 1970 р. навчався в аспірантурі ІГН АН УРСР, в якому за матеріалами власних польових робіт захистив кандидатську дисертацію «Закономірності динаміки та формування природних ресурсів підземних вод основних водоносних горизонтів Волинського артезіанського басейну». Науковим керівником молодого талановитого вченого був відомий гідрогеолог Андрій Євтихийович Бабинець. Після закінчення аспірантури В'ячеслав Михайлович продовжив наукову роботу у відділі, очолюваному А.Є. Бабинцем.

У цей період його наукова діяльність була спрямована на вирішення фундаментальних проблем гідрогеології, зокрема водообміну у гідрогеологічних структурах, формування артезіанських басейнів (Шестопалов, 1974, 1981, 1988; Водообмен..., 1988, 1989 та ін.).

Результати комплексних фундаментальних методичних і регіональних досліджень стали науковою основою для вирішення практичних завдань з водопостачання населення та раціонального водокористування.

After graduation, Vyacheslav Mykhailovych worked as a hydrogeologist from 1959 to 1965, and then as the chief hydrogeologist on the field excursions of the Lviv Geological Expedition, performing geological and hydrogeological surveys. In 1965–1967, in the Central Complex Geological and Topical Expedition of the 'Kyivgeologia' Trust, he was engaged in complex geological and hydrogeological surveys of the territory of Western Ukraine and Belarus and was preparing the hydrogeological maps for publication.

From 1967 to 1970, he received a PhD scholarship at the Institute of Geological Sciences of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. Based on the materials of his own fieldwork, he defended his PhD thesis "Patterns in the dynamics and formation of natural resources of underground waters of the main aquifers of the Volyn' artesian basin". His supervisor was the famous hydrogeologist Andrii Yevtyhiyovych Babynets. After the defence, Vyacheslav Mykhailovych continued his scientific work in the department under the leadership of Andrii Yevtyhiyovych.

During this period, his research was aimed at solving the fundamental problems of hydrogeology, in particular, water exchange processes in hydrogeological structures, formation of artesian basins (Shestopalov, 1974, 1981, 1988; Water..., 1988, 1989 et al.).

The results of complex fundamental methodical and regional studies became the scientific basis for solving practical problems with public water supply and rational water use.



Геологічний маршрут по річці в Якутії (В'ячеслав Шестопалов у середині «упряжки»)

Geological route along a river during fieldwork in Yakutia (Vyacheslav Shestopalov in the middle of the team)



Польові роботи на ділянках розвитку карсту, кінець 1950-х років

Fieldwork in a karst region, the late 1950s

В'ячеславом Шестопаловим ще у 1960-х роках було застосовано гідродинамічні методи для регіональних оцінок природних ресурсів підземних вод, розроблено методичні засади складання карт п'єзоізогіпс, водопровідності порід і оцінки природних ресурсів, загального та підземного стоку (Шестопалов, 1974 та ін.). При побудові регіональних карт водопровідності, які потрібні для оцінки підземного стоку, ним було вперше застосовано статистичні методи обробки даних та моделювання ресурсів підземних вод.

Для уточнення водопровідності порід також було запропоновано використовувати гідродинамічну сітку депресійних лійок, які утворюються при проведенні групових (кущових) відкачок або при експлуатації водозаборів у сталому режимі. Використання таких методичних підходів для побудови карт параметрів дозволило розробити відповідну методичку оцінки підземного стоку за даними його гідродинамічної структури.

Докторську дисертацію «Природні ресурси підземних вод платформних артезіанських басейнів України» В'ячеслав Михайлович захистив у 1983 р. У дисертаційній роботі вперше було запропоновано новий методичний підхід для оцінки природних ресурсів на основі аналізу роботи діючих водозаборів і виявлення генетичних складових формування їх експлуатаційних запасів.

На початку 1980-х років В.М. Шестопаловим було обґрунтовано:

- теоретичні аспекти натурного моделювання;
- основи застосування теорії подібності для вивчення природних ресурсів підземних вод та оцінки підземного стоку в річки;
- використання методу групового обліку аргументів для визначення виду критеріального рівняння;
- застосування гідрогеологічної аналогії для вивчення природних ресурсів підземних вод.

На основі виконаних оцінок природних ресурсів підземних вод за розробленою новою методикою були виявлені й охарактеризовані закономірності їх формування і просторового розподілу.

Подальша професійна діяльність В.М. Шестопалова склалася так, що він займався різними аварійними ситуаціями – реальними і можливими.

Так, у 1984 р. вченого було призначено головою комісії з розслідування причин аварії на Стебницькому калійному комбінаті Львівської області, а потім за дорученням Прокуратури УРСР він ще понад рік займався цією складною проблемою. В'ячеслав Михайлович згадував, що робота комісії довела відсутність вини геологів у аварії.

As early as the 1960s, Vyacheslav Shestopalov applied hydrodynamic methods for regional assessments of natural resources, and developed methodological principles for hydroisopiestic contour mapping, water conductivity of rocks and assessment of natural resources, and general and subsurface flow (Shestopalov, 1974 et al.). He first used statistical methods of data processing and modelling of groundwater resources in the construction of regional water supply maps, which are required for the assessment of groundwater flow.

To assess the groundwater supply, he proposed a hydrodynamic network of funnel-like depressions formed by cluster pumping or by operating water intake in phreatic aquifer. The use of such methodological approaches to construct parameter maps made it possible to develop a methodology for estimating underground flow for hydrodynamic aquifers.

Vyacheslav Mykhailovych was awarded a DSc degree for his thesis "Natural resources of groundwater in platform artesian basins of Ukraine" in 1983. The work first introduced a new methodological approach for assessing natural resources based on the analysis of the operation of existing water intake facilities and the identification of factors affecting their operational reserves.

In the early 1980s, V.M. Shestopalov:

- Formulated theoretical aspects of natural modelling;
- Outlined the theoretical basics of the similarity theory to study groundwater resources and assessment of underground water supply to rivers;
- Proposed a method of group accounting of arguments to determine the type of dimensionless equations;
- Developed application of hydrogeological analogy to study natural groundwater resources.

Based on the assessment of the groundwater resource status using the newly developed methodology, he identified and characterized patterns of their formation and spatial distribution.

V.M. Shestopalov's further professional activity required him to deal with various real and potential emergencies.

In 1984, he was appointed the head of the commission investigating the causes of the accident at the Stebnytsky potash plant in the Lviv region, and then, on behalf of the Prosecutor's Office of the Ukrainian SSR, he dealt with this complex problem for more than a year. Vyacheslav Mykhailovych mentioned that the work of the Commission proved that the geologists were not to blame for the accident.



В.М. Шестопапов – заступник директора ІГН з наукової роботи та завідувач відділу гідрогеологічних проблем, 1985 р.

V.M. Shestopalov – Deputy Director of the Institute of Geological Sciences for Scientific Work and Head of the Department of Hydrogeological Problems, 1985

У ті ж роки В.М. Шестопапову довелося розглядати негативні аспекти планованого будівництва каналу Дунай-Дніпро, проєктованої Одеської АТЕЦ, бути експертом державної експертної комісії Держплану СРСР з аналізу схеми комплексного використання водних ресурсів басейну Дніпра.

Разом з іншими експертами вченим було наголошено на проблемі необхідності захисту водних ресурсів і населення в разі можливих аварій на атомних станціях, розташованих у басейні Дніпра.

Незважаючи на те, що на Чорнобильській АЕС на той час вже сталася серйозна аварія у 1982 р. з викидом активності в навколишнє середовище, радіоактивним забрудненням лісів, угідь і донних осадових Київського водосховища, думку фахівців не було почуто. А згодом сталася Чорнобильська катастрофа.

У перші дні після Чорнобильської аварії в Академії наук УРСР було створено штаб – Оперативну комісію Президії АН УРСР на чолі з віцепрезидентом АН УРСР академіком В.І. Трефіловим, а також комісії та робочі групи з різних напрямів подолання наслідків аварії.

Тисячократно, порівняно з доаварійним, забруднення дніпровських вод у районі Київського водозабору потребувало термінової розробки заходів щодо організації безпечного водопостачання, насамперед Києва, який значною мірою споживав дніпровську воду, а також інших міст і територій.

In the same years, V.M. Shestopalov had to consider the negative aspects of the construction of the Danube-Dnipro canal, designed by Odesa Nuclear Power Plant, and was an expert for the state expert commission of the State Plan of the USSR on the analysis of the scheme for the integrated use of the water resources of the Dnipro basin.

Together with other experts, V.M. Shestopalov emphasized the problem of protecting water resources and the population in case of possible accidents at nuclear plants located in the Dnipro basin.

Although a serious accident had already occurred at the Chernobyl Nuclear Power Plant in 1982, with a significant release of radiation into the environment, and radioactive contamination of forests, lands and bottom sediments and biota of the Kyiv Reservoir, the opinions of specialists were still not heard. Then the Chernobyl disaster happened.

In the first days after the 1986 Chernobyl disaster, a headquarters was created in the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR – the Operational Commission of the Presidium of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, headed by the Vice-President of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, Academician V.I. Trefilov – and relevant commissions and working groups from various areas were established for combating the consequences of the accident.

The pollution of the Dnipro waters in the Kyiv water intake area was a thousand times its pre-accident level and required urgent measures for organization of a safe water supply, primarily for Kyiv, which was largely dependent on Dnipro water, as well as for other cities and areas.

Перший документ, який був підготовлений цією комісією 6 травня 1986 р. і став основою відповідних рішень Ради Міністрів України, називався «Першочергові заходи щодо організації водопостачання на території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС». У результаті реалізації цього документа було організовано нові системи водозаборів з підземних джерел та було створено паралельну систему водопостачання в Києві.

Роботи, проведені Оперативною комісією, актуальні і зараз. За її рекомендаціями тільки у Київській та Житомирській областях пробурено 570 артезіанських свердловин, які використовуються для водопостачання, прокладено 810 км водоводів, споруджено фільтруючі та «глухі» дамби. Варто згадати, що сучасне бюветне водопостачання Києва, яким сьогодні користуються тисячі киян, почалося з буріння десятків аварійних свердловин, запропонованих Оперативною комісією.

На жаль, окремі рекомендації, зокрема щодо збільшення частки підземних вод у водопостачанні Києва та ряду інших міст, не реалізовані й досі.

В'ячеслав Михайлович брав активну участь у створенні концепції програми і самої програми подолання наслідків Чорнобильської катастрофи та концепції функціонування Чорнобильської зони відчуження.

Після Чорнобильської катастрофи В.М. Шестопалов займався вивченням поширення чорнобильських радіонуклідів у геологічному середовищі України, моделюванням міграції радіонуклідів у гідрогеологічних структурах (Водообмен..., 2001; Shestopalov, 2002 та ін.).

The first document prepared by this commission on May 6, 1986, became the basis for relevant decisions by the Council of Ministers for Ukraine, and was called “Priority measures for organizing water supply in the territory exposed to radioactive contamination as a result of the accident at the Chernobyl nuclear power plant”. As a result of the implementation of this document, new subsurface water intakes were organized, and a parallel water supply system was created in Kyiv.

The work carried out by the Operational Commission is still relevant today. Based on its recommendations, 570 artesian wells used for water supply were drilled in Kyiv and Zhytomyr regions alone, 810 km of water pipelines were laid, and filtering and dumb dams were constructed. It is worth mentioning that the modern Kyiv's pumped water supply, which is used by thousands of Kyiv residents today, began with the drilling of dozens of emergency wells proposed by the Operational Commission.

Unfortunately, some of the recommendations, in particular to increase the share of underground water in the water supply of Kyiv and a number of other cities, have not been implemented to date.

Vyacheslav Mykhailovych took an active part in developing the concept and implementation of the program of overcoming the consequences of the Chernobyl disaster and was involved in developing a concept of designated exclusion zone around the Chernobyl site.

After the Chernobyl disaster, Vyacheslav Mykhailovych dealt with the distribution of Chernobyl radionuclides in the geological environment of Ukraine, modelling the radionuclide migration by groundwater (Water..., 2001; Shestopalov, 2002 et al.).



Заступник генерального директора Рівненської АЕС Микола Сергійович Панащенко вручає В'ячеславу Шестопалову нагрудний знак «Почесний працівник атомної енергетики» ДП «НАЕК «Енергоатом», 2003 р.

Deputy General Director of the Rivne NPP Mykola Serhiyovych Panashchenko presents Vyacheslav Shestopalov with the honorary badge “Atomic Energy Excellence” of the National Nuclear Energy Generating Company “Energoatom”, 2003

Велику увагу було приділено дослідженню феномена швидкого проникнення до підземних вод забруднювачів, коли за існуючими на той час теоретичними уявленнями такого не могло бути.

Особливості вертикального проникнення радіонуклідів у геологічне середовище були встановлені за допомогою одновимірних і квазі-тривимірних математичних моделей (Шестопалов і др., 2007). За результатами дослідження було отримано підтвердження можливості аномально швидкої вертикальної міграції і накопичення у геологічному середовищі досить значної кількості радіонуклідів.

На основі цих експериментів і узагальнень вперше було створено методику оцінки захищеності ґрунтових вод від радіоактивного забруднення з урахуванням зон швидкої вертикальної міграції і побудовано карту захищеності ґрунтових вод Київської області. Також доведено важливу роль геологічного середовища у авто-реабілітації забруднених територій та його важливий внесок у бар'єрні властивості Зони відчуження щодо міграції радіонуклідів у суміжні території.

Масштабне математичне дослідження міграції радіонуклідів у геологічне середовище було проведено за допомогою дворівневої гідрогеологічної моделі для центральної частини Чорнобильської зони відчуження. Ця модель має регіональний і локальний рівні. Метою математичних експериментів було дослідження можливості забруднення Прип'ятського водозабору радіонуклідами чорнобильського походження з урахуванням вірогідних зон швидкої міграції. Виконаний прогноз можливого забруднення напірних підземних вод показав низьку вірогідність процесу, а також, що скидання води у ставку-охолоджувачі практично не вплине на якість питної води з водозабору.

Було також виявлено небезпечний розвиток западин, пов'язаних з глибинними геодинамічними зонами, та їх можливий вплив на стійкість і безпеку таких конструкцій, як новий безпечний конфаймент, споруди «Вектора» та ін., що необхідно врахувати при будівництві на цих територіях (напр., Шестопалов, 2016 та ін.).

Значний комплекс досліджень В'ячеслава Шестопалова стосувався наслідків Чорнобильської катастрофи та уроків Чорнобиля.

Під керівництвом В.М. Шестопалова та при його активній участі виконані, зокрема, дослідження з оцінки ролі ландшафтних умов на захворюваність дітей під впливом радіації та інших забруднювачів.

He focused on the phenomenon of fast infiltration of pollutants into groundwater, which according to some earlier theories, were not to be expected.

Pathways of radionuclide vertical transport into the geological environment were analysed using one-dimensional and quasi-three-dimensional mathematical models (Shestopalov et al., 2007). Based on the results of this study, the possibility of anomalously fast vertical migration and accumulation of a fairly significant amount of radionuclides in aquifers was confirmed.

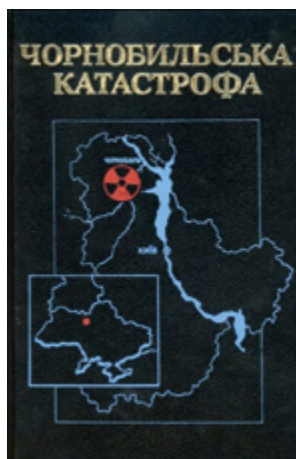
These experiments and models served as the basis for a new methodology for protecting groundwater from radioactive contamination, which took into account zones of fast vertical migration, and allowed mapping the area of the well-protected groundwater of the Kyiv region. This showed the importance of the geological environment in the auto-remediation of contaminated areas and the significant contribution of this environment in creating barrier properties of the Exclusion Zone preventing the migration of radionuclides into adjacent territories.

A large-scale mathematical study of the migration of radionuclides into the geological environment was carried out using a two-level hydrogeological model for the central part of the Chernobyl exclusion zone. This model has a regional and local level. The purpose of the mathematical experiments was to investigate the possibility of contamination of the Pripyat River water intake with radionuclides of Chernobyl origin, taking into account possible zones of fast migration. The completed forecast of possible contamination of artesian groundwater showed a low probability, so the discharge of water into a cooling pond would hardly affect the quality of drinking water from the water intake.

The study analysed dangerous development of depressions associated with deep geodynamic zones and their possible impact on the stability and safety of such facilities as the Chernobyl New Safe Confinement, the "Vector" Radioactive Waste Storage Facility, etc., which must be considered during their construction and use (ex., Shestopalov, 2016 et al.).

Many studies by Vyacheslav Shestopalov concerned the consequences of the Chernobyl disaster and the lessons learned from the Chernobyl accident.

Under the leadership of V.M. Shestopalov and with his active participation, research is being carried out to assess the role of landscape conditions on the incidence of children exposed to radiation and other pollutants.



Виступ академіка В.М. Шестопалова на слуханнях Верховної Ради на 20-ті роковини Чорнобильської катастрофи, 2006 р.

Academician V.M. Shestopalov's report at the meeting of the Verkhovna Rada on the 20th anniversary of the Chernobyl disaster, 2006

Значну увагу вчений приділяв проблемі обґрунтування можливості ізоляції довгоіснуючих радіоактивних відходів у надрах.

Під керівництвом В.М. Шестопалова проведено комплексні дослідження щодо виділення перспективних ділянок для геологічного сховища радіоактивних відходів, обґрунтування можливості створення двох типів сховищ – шахтного і свердловинного.

Завдяки міжнародному авторитету вченого під його керівництвом виконано низку міжнародних наукових проєктів за програмами INCO-COPERNICUS, CRDF, NSF, SNSF та ін.

Протягом багатьох років В.М. Шестопалов із співробітниками очолюваного ним відділу гідрогеологічних проблем вивчав мінеральні води – картував їх розповсюдження і різноманіття, досліджував формування окремих їх видів, розробив першу українську класифікацію мінеральних

V.M. Shestopalov paid considerable attention to the problem of isolation of long-lived radioactive waste in the subsoil.

Under his leadership, comprehensive studies were conducted on the selection of promising sites for subsurface storage of radioactive waste, substantiation of the possibility of using two types of storage – in mines and boreholes.

Thanks to Vyacheslav Shestopalov's recognized expertise and authority, a number of international scientific projects INCO-COPERNICUS, CRDF, NSF, SNSF, etc. were carried out under his leadership.

For many years, V.M. Shestopalov was the Head of the Department of Hydrogeological Problems, and he and his colleagues studied mineral waters of Ukraine, mapping their distribution and diversity, studying the formation of their individual types, and developing the first Ukrainian mineral water



Учасники міжнародного проєкту на шахті Конрад, Німеччина, 2007 р.
Participants of the international project at the Konrad mine, Germany, 2007



Монографічні видання за співавторства та під редактуванням В.М. Шестопалова з проблем мінеральних вод, ізоляції радіоактивних відходів у геологічних формаціях на території України
Monographic publications co-authored and edited by V.M. Shestopalov on the problems of mineral waters, radioactive waste isolation in geological formations in Ukraine

вод (Класифікація..., 2003; Бабинец и др., 1986; Шестопалов и др., 2013 та ін.). Він вперше обґрунтував і довів наявність двох областей розповсюдження мінеральних вод типу «Нафтуса» – Карпатської і Подільської. Вивчав біологічну активність мінеральних вод.

Останніми роками важливий цикл робіт стосовно оцінки та переоцінки запасів питних підземних вод для водозабезпечення міст був виконаний та опублікований під керівництвом та за безпосередньої участі В'ячеслава Шестопалова (Шестопалов, 2018–2020; Колябіна та ін., 2021; Руденко та ін., 2021). Зокрема, виконано оцінку впливу техногенного навантаження в межах Київського родовища питних підземних вод, створено його нову сучасну гідрогеологічну модель, переоцінено експлуатаційні запаси питних підземних вод м. Київ.

У 2018–2020 рр. було досліджено можливості питного водозабезпечення Маріуполя за рахунок підземних вод на випадок втрати її основного джерела прісної води – р. Сіверський Донець через можливі агресивні дії підтримуваних росією донецьких сепаратистів (Шестопалов, 2020). Було показано можливість водопостачання Миколаєва за рахунок підземних вод верхньосарматського

classification (Classification..., 2003; Babinets et al., 1986; Shestopalov et al., 2013 et al.). For the first time, he substantiated and proved the existence of two areas (Carpathian and Podilska) of distribution of mineral waters of the “Naftusya” type. They also studied the biological activity of mineral waters.

In recent years, Vyacheslav Shestopalov has supervised and directly participated in an important series of works assessing and reassessing the use of groundwater reserves for urban water supply (Shestopalov, 2018–2020; Koliabina et al., 2021 et al.; Rudenko et al., 2021). The works include an assessment of the anthropogenic impact within the Kyiv groundwater deposit, the creation of a new modern hydrogeological model, and the reassessment of the operational reserves of drinking groundwater in Kyiv.

Between 2018 and 2020, investigations were carried out into the potential for supplying Mariupol with drinking water from groundwater sources in the event of the loss of its primary source of fresh water, the Siverskyi Donets River, due to possible aggressive actions by Donetsk separatists (Shestopalov, 2020). Additionally, the feasibility of supplying Mykolaiv with water

водоносного горизонту в разі виникнення надзвичайних ситуацій. Створено гідрогеологічну модель Миколаївського родовища підземних вод, на якій вивчено структуру водообміну і джерела формування експлуатаційних запасів підземних вод верхньосарматського водоносного горизонту – основного горизонту питних підземних вод у районі Миколаєва. Вивчено можливість форсованої експлуатації підземних вод цього горизонту в залежності від тривалості надзвичайного періоду (Шестопапов, 2019).

В.М. Шестопапов наполегливо обґрунтовував розширення залучення підземних вод у питне водопостачання населення. За його оцінками, нині частка підземних вод у господарсько-питному водопостачанні населення України становить менше 30 %, тоді як у сусідній Угорщині – 96 %, Німеччині – 72 %. В Україні є значний потенціал для нарощування обсягів видобування підземних вод, адже розвіданість їхніх прогнозних ресурсів становить лише 26 %, а експлуатаційні запаси використовують тільки на 12 %.

Війна значно загострила проблему забезпеченості населення питною водою. Це питання у перші місяці війни продуктивно обговорювалося на засіданні Президії НАН України. Після доповіді академіка НАН України В.М. Шестопапова було сформульовано і подано до РНБО України та Кабінету Міністрів України пропозиції щодо забезпечення населення резервними альтернативними джерелами водопостачання з підземних водоносних горизонтів. Відсутність такого водопостачання вже призвела до трагічних наслідків на південному сході та у південних регіонах (Маріуполь, Херсон). В'ячеслав Шестопапов наголосив, що Київ має водозабір з поверхневих вод, які вразливі до забруднення, особливо у воєнний час. За його підтримки науковці ІГН НАН України брали участь у діяльності робочих груп Національної ради з відновлення України, просували свої пропозиції, і в розроблених заходах було передбачено створення для міст альтернативних джерел питного водопостачання з підземних вод (Шехунова, 2023). Проте, як зазначав В.М. Шестопапов під час обговорення цієї проблеми на засіданні Відділення наук про Землю НАН України у квітні 2023 р., заспокоюватися ще зарано. Він закликав звертатися до органів місцевої влади, щоб реально створити автономні джерела альтернативного питного водопостачання з підземних горизонтів хоча б у містах зі значною щільністю населення.

from the Upper Sarmatian aquifer in emergency situations was demonstrated. A hydrogeological model was created to study the structure of water exchange and sources of formation of operational groundwater reserves of the Upper Sarmatian aquifer, which is the main horizon of drinking groundwater in the Mykolaiv area. The study also examined the possibility of forced exploitation of groundwater in this horizon, depending on the duration of the emergency period (Shestopalov, 2019).

Vyacheslav Shestopalov argued for expanding the use of groundwater in potable water supply in Ukraine, citing the low current usage of less than 30% compared to neighbouring countries such as Hungary (96%) and Germany (72%). He highlighted that Ukraine has the potential to increase groundwater production, with only 26% of forecasted resources explored and 12% of operational reserves utilized.

During the war, the issue of drinking water supply was significantly worsened. In the initial months of the conflict, the Presidium of the National Academy of Sciences of Ukraine held a productive meeting to discuss this problem. After a report by NAS academician V.M. Shestopalov, proposals were formulated and submitted to the National Security and Defence Council and the Cabinet of Ministers of Ukraine to provide the population with alternative sources of water from underground aquifers. The absence of a reliable water supply has resulted in tragic consequences in the southern regions (Mariupol, Kherson, etc.). Vyacheslav Shestopalov emphasised that Kyiv relies on surface water, which is susceptible to pollution, particularly during times of conflict. With their support, the scientists from the Institute of Geological Sciences participated in the working groups of the National Council for the Restoration of Ukraine (Shekhunova, 2023). They promoted their proposals, and the measures they developed provided for the creation of alternative sources of drinking water supply from groundwater for cities.

However, during a discussion of this problem at a meeting of the Division of Earth Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine in April 2023, Vyacheslav Mykhailovych noted that it is premature to be complacent. He recommended contacting local authorities to establish autonomous sources of alternative drinking water supply from underground horizons, particularly in densely populated cities. In Kyiv, autonomous

За його пропозиціями у Києві автономні джерела альтернативного питного водопостачання з підземних горизонтів можна було б організувати на базі свердловин, які свого часу пробурили після Чорнобильської катастрофи та які наразі законсервовані.

В'ячеслав Шестопалов багато зробив для розбудови української гідрогеологічної школи. Він підготував дев'ять докторів та 26 кандидатів наук. Під його головуванням в ІГН НАН України декілька десятиліть діяла спеціалізована вчена рада із захисту докторських дисертацій в галузі гідрогеології та інженерної геології. А про висоту планки, яку треба було подолати здобувачам наукових ступенів у цій спецраді, в колах науковців ходили легенди.

Як академік-секретар Відділення наук про Землю НАН України вчений активно займався науково-організаційною роботою, розробкою та вдосконаленням програм наукових досліджень, їх координацією та перевіркою виконання, організацією міждисциплінарних досліджень тощо.

Академік В.М. Шестопалов залишив великий науковий спадок – понад 600 наукових праць, в тому числі 32 монографії, 22 геологічних та гідрогеологічних карти, включаючи три міжнародні і декілька карт у Національному атласі України. За найбільш значні монографії – чотиритомне видання «Водообмен в гидрогеологических структурах Украины» і «Методика оценки естественных ресурсов подземных вод» – дослідник відзначений Державною премією України в галузі науки і техніки 2004 р.

В.М. Шестопалов був також нагороджений Почесною грамотою Президії Верховної Ради УРСР за активну участь у ліквідації наслідків Чорнобильської аварії (1987), відзначений почесним званням «Заслужений діяч науки і техніки України» (1998). Він – кавалер ордена «За заслуги» I, II та III ступенів (2016, 2008, 2002).

Основними результатами фундаментальних досліджень вченого є такі (Академік..., 2016; 85-річний..., 2021 та ін.):

- розробка теоретичних засад та методологічних принципів дослідження закономірностей водообміну в гідрогеологічних структурах України;
- створення нових та вдосконалення відомих методів та методик гідрогеологічних досліджень;
- виявлення та всебічне вивчення регіональних та локальних закономірностей формування

sources of alternative drinking water supply from underground horizons could be organized based on wells drilled after the Chernobyl disaster, which are currently unused, according to his proposals.

Vyacheslav Shestopalov did a lot to develop the Ukrainian scientific hydrogeological school. He trained nine DScs and 26 PhD students; under his chairmanship, a Special Council for Hydrogeology and Engineering Geology operated at the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine. There were legends in scientific circles about the high bar that had to be overcome by those who obtained scientific degrees in this special scientific council.

As an Academician-Secretary of the Division of Earth Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, he was actively engaged in scientific and organizational work, development and improvement of scientific research programs, their coordination and implementation, organization of interdisciplinary research, etc.

Academician V.M. Shestopalov left a great scientific heritage – more than 600 scientific works, including 32 monographs, 22 geological and hydrogeological maps, including three international maps and several maps in the National Atlas of Ukraine. For the most significant monographs – the four-volume edition “Water Exchange in Hydrogeological Structures of Ukraine” and “Methodology of Assessment of Natural Groundwater Resources” – he was awarded the State Prize of Ukraine in the Field of Science and Technology in 2004.

V.M. Shestopalov was awarded the Certificate of Honour of the Presidium of the Verkhovna Rada of the Ukrainian SSR for his active participation in resolving the consequences of the Chernobyl accident (1987), was a Laureate of the USSR Council of Ministers Award (1991), held a title of an Honoured Worker of Science and Technology of Ukraine (1998), was awarded the Order of Merit I, II and III degrees (2016, 2008, 2002).

The main results of V.M. Shestopalov's fundamental research are as follows (Academician..., 2016; 85th anniversary..., 2021 et al.):

- development of theoretical foundations and methodological principles of the study of patterns of groundwater-surface water exchange in the hydrogeological structures of Ukraine;
- proposal of new and refinement of existing methods and techniques of hydrogeological research;
- identification and comprehensive study of regional and local patterns of the formation

- водообміну та ресурсів підземних вод в основних гідрогеологічних структурах України;
- дослідження процесів формування якісних та кількісних характеристик підземних вод України під впливом техногенних факторів, пов'язаних з водозаборами підземних вод, Чорнобильською катастрофою тощо;
- виявлення та оцінка ролі швидких шляхів фільтрації та міграції у формуванні підземних вод;
- вивчення автореабілітаційних властивостей геологічного середовища забруднених територій;
- дослідження закономірностей формування деяких типів мінеральних вод, їх класифікаційних відмінностей;
- встановлення впливу дегазації Землі, зокрема водневої, на глибинні та приповерхневі геологічні процеси.

Результати проведених комплексних фундаментальних, методичних та регіональних досліджень слугують науковим підґрунтям для вирішення практичних задач з водопостачання населення та раціонального водокористування, а також з поліпшення екологічного стану в країні.

Основні прикладні результати наукової діяльності В.М. Шестопалова полягають у (Академік..., 2016; 85-річний..., 2021 та ін.):

- регіональному вивченні гідрогеологічних умов України, створенні різномасштабних гідрогеологічних карт як основи для пошукових та екологічних досліджень;
- впровадженні в практику нових уявлень про закономірності формування та територіальний розподіл природних ресурсів підземних вод, придатних для водопостачання, а також обґрунтуванні перспективних можливостей забезпечення потреб населення України якісними підземними водами;
- виконанні оцінки прогнозних експлуатаційних ресурсів та експлуатаційних запасів підземних вод;
- проведенні якісної та кількісної оцінки умов та характеристик регіонального та локального забруднення (в тому числі радіоактивного) підземних вод та геологічного середовища;
- впровадженні сучасних методів та технологій з метою надійного прогнозування стану якості та ступеня виснаження підземних вод, розробці контрзаходів з ефективного їх захисту;
- обґрунтуванні напрямів робіт з екологічної реабілітації гірничодобувних регіонів;
- оцінці впливу на довкілля об'єктів атомної енергетики;

of groundwater-surface water exchange and groundwater resources in the main hydrogeological structures of Ukraine;

- study of processes of formation of qualitative and quantitative characteristics of underground waters of Ukraine under the influence of man-made factors related to groundwater withdrawals, the Chernobyl disaster, etc.;
- identification and assessment of the role of fast infiltration and migration pathways in groundwater recharge;
- study of self-rehabilitation properties of the geological environment of contaminated areas;
- study of patterns of formation of some brands of mineral waters, and their classification;
- study of hydrogen as a gas causing many processes and reactions in the geological environment.

The results of comprehensive fundamental, methodical and regional research serve as a scientific basis for solving practical problems of water supply to the population and effective water use, as well as providing sustainable environment.

The main applied results of the scientific activity of V.M. Shestopalov consist of (Academician..., 2016; 85th anniversary..., 2021 et al.):

- regional study of the hydrogeological conditions of Ukraine, creation of hydrogeological maps at various scales as a basis for exploratory and environmental studies;
- the introduction and practice of new ideas about the patterns of formation and spatial distribution of underground water resources suitable for water supply, as well as the substantiation of promising opportunities for providing the needs of the population of Ukraine with high-quality underground water;
- an assessment of forecast operational resources and operational underground water reserves;
- a qualitative and quantitative assessment of the conditions and characteristics of regional and local pollution (including radioactive) of groundwater and the geological environment;
- implementation of modern methods and technologies for the purpose of reliable forecasting of the quality and degree of depletion of groundwater supply, and development of countermeasures for its effective protection;
- directing work flows on ecological rehabilitation of mining regions;
- environmental impact assessment of nuclear power facilities;



Відділ гідрогеологічних проблем ІГН НАН України, 2018 р.
Department of Hydrogeological Problems of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2018

- розробці та впровадженні методик з пошуку, розвідки та обґрунтування ділянок, перспективних для ізоляції радіоактивних відходів у надрах.

У перші місяці широкомасштабної збройної агресії РФ В'ячеслав Шестопалов розробив та запропонував для впровадження систему децентралізації питного водопостачання населення в умовах надзвичайних ситуацій/воєнних загроз із захищених підземних водозаборів з автономним енергетичним забезпеченням.

До останніх днів свого життя В.М. Шестопалов працював, обговорював з колегами, аспірантами результати робіт, актуальні проблеми, перспективи, щедро ділився ідеями, надихав на нові проекти...

Його вражаюча життєва незламність та оптимізм, наполегливість у наукових дослідженнях, системність та ефективність будуть взірцем для молодших колег та учнів.

Світла пам'ять про В'ячеслава Михайловича Шестопалова – видатного вченого, мужню людину, відданого патріота України – назавжди залишиться в серцях та спогадах усіх, хто його знав і мав честь працювати з ним.

Зі щирими словами співчуття до колег, друзів, рідних і близьких В'ячеслава Михайловича Шестопалова звернувся науковець Борис Файбишенко з Національної лабораторії Лоуренса Берклі (Каліфорнія, США), з яким В'ячеслав Михайлович підтримував дружні стосунки та професійну співпрацю понад півстоліття з 1970-х років.

- development and implementation of methods for search, exploration, and management of areas suitable for subsurface isolation of radioactive waste.

In the first months of the large-scale armed invasion by the Russian Federation, Vyacheslav Shestopalov developed and proposed for implementation a system for a decentralized drinking water intake from protected subsurface aquifers with an autonomous energy supply, to provide for the population in emergency or war situations.

Until the last days of his life, Vyacheslav Mykhailovych worked, discussed the results of his work, current problems, prospects with colleagues and graduate students, sincerely shared his ideas, and inspired new projects...

His impressive resilience, optimism, perseverance, systematic approach, and efficiency are exemplary and will serve as a model for younger colleagues and students.

The bright memory of Vyacheslav Mykhailovych Shestopalov, an outstanding scientist, man of courage, and devoted patriot of Ukraine, will remain forever in the hearts and memories of all those who knew him and had the honour of working with him.

Scientist Borys Faibysenko from Lawrence Berkeley National Laboratory (California, USA), with whom Vyacheslav Mykhailovych had maintained friendly relations and professional cooperation for more than half a century since the 1970s, sent sincere words of condolence to his colleagues, friends, family and friends.

I was deeply saddened to hear about the passing of Vyacheslav Mykhailovych Shestopalov. I have known him since the beginning of the 1970s while working at Kyiv National University. Vyacheslav Mykhailovych was an outstanding scientist and a very kind and pleasant person. I've collaborated directly with Vyacheslav Mykhailovych since 1986 as part of the National Academy of Sciences Committee on Chernobyl. He and I were involved in the prediction of the radioactive contamination of groundwater following the Chernobyl accident.

Since 1991, I've worked at the University of California at Berkeley and Lawrence Berkeley National Laboratory in Berkeley, California, USA. Despite being separated geographically, we continued our friendly relationship and professional collaboration until his last days.

In 1992 and 1993, I organized visits of American delegations to Kyiv, led by one of the best hydrogeologists of all time, Paul Witherspoon (1919-2012). Paul Witherspoon was elected a Foreign Member of the National Academy of Sciences of Ukraine. The photographs below depict the event at the High-level Nuclear Waste Disposal Conference in 1993 in Las Vegas, Nevada, when Shestopalov presented the Diploma of a Foreign Member of the National Academy of Sciences of Ukraine to Paul Witherspoon.

During his visits to the USA, I met with Shestopalov in 1993 (Washington, D.C., and Las Vegas, Nevada) and 1999 (San Francisco and Berkeley, CA), and in Kyiv in 2001, 2009, 2011, and 2017.

Interestingly, when Shestopalov visited the Berkeley Lab in 1999, he presented a new concept of high-level nuclear waste disposal in deep boreholes. Still, it was not accepted at that time. However, in recent years, this concept has been widely investigated worldwide.

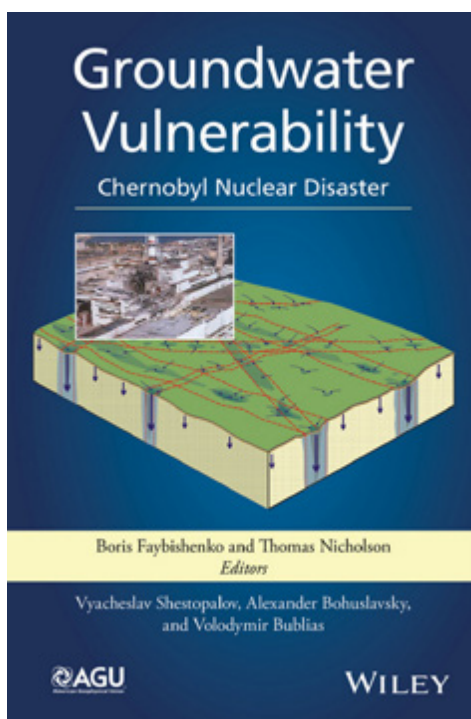
In 2003, when I was editing a Special Issue on Chernobyl of the International Journal of Environmental Sciences and Pollution Research, I invited Shestopalov to publish his paper in this Journal. The photograph of the first page of the paper is below.

In 2011, during our meeting in his office at the Institute of Geological Sciences, Shestopalov asked me to help publish a book on groundwater vulnerability at Chernobyl. I wrote a book proposal entitled "Groundwater Vulnerability: Chernobyl Nuclear Disaster", to the American Geophysical Union and its publisher, Wiley, Inc. The proposal was approved. Shestopalov, his co-author Bohuslavsky, and I worked on the contents and edited the book. It was published in 2014 in a series of AGU's Geophysical Monographs. Below is the photograph of the cover page, and the URL is <https://www.wiley.com/en-us/Groundwater+Vulnerability%3A+Chernobyl+Nuclear+Disaster-p-9781118962220>

Over the years, we have had many telephone conversations about different problems in Ukraine. After the beginning of the Russian invasion of Ukraine, I initiated a project to assess groundwater vulnerability in Ukraine. Shestopalov helped me tremendously by presenting several maps used in this project. He co-authored the report and several presentations that I gave on the topic of groundwater vulnerability in Ukraine.

The last time I spoke on the phone with Vyacheslav Mykhailovych was mid-November. He was very enthusiastic about his work, especially about the thermodynamic methods of studying contaminant transport in groundwater and the decentralized water supply in Ukrainian cities.

I want to express my deep and sincere condolences to his relatives, friends, and colleagues at the Institute of Geological Sciences and the Scientific and Engineering Center of Radio-Hydrogeological Research. Vyacheslav Mykhailovych's memory will always be with us.





Vyacheslav Shestopalov presented the Diploma of the Foreign Member of the National Academy of Sciences to Paul Witherspoon



Left: Vyacheslav Shestopalov presented the Diploma of the Foreign Member of the National Academy of Sciences to Paul Witherspoon. Right: Paul Witherspoon, Vyacheslav Shestopalov, Boris Faybishenko



From left to right: Boris Faybishenko, Emlen Sobotovich, Dmitry Khruschev (IGN), Karsten Pruess, Vyacheslav Shestopalov, Larry Mayer, Sally Benson, Peter Persoff, Yvan Tsang, Robert Zimmerman, Paul Witherspoon, Lia Cox, Joe Wang, Bo Bodvarsson.

Список літератури

- Академік Шестопапов В'ячеслав Михайлович (До 80-річчя від дня народження). *Геол. журн.* 2016. № 3 (356). С. 124–126.
- Бабинец А.Е., Шестопапов В.М., Моисеева Н.П., Лютий Г.Г., Ищенко А.П., Сулейманов С.П., Гудзенко В.В., Усов В.Ю., Койнов И.М., Гаврилюк Г.З., Лисиченко Г.В., Ясевич А.П. Лечебные минеральные воды типа «Нафтуса». Киев: Наукова думка, 1986. 192 с.
- Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Методы изучения водообмена: Шестопапов В.М. (ред.). Киев: Наукова думка, 1988. 272 с.
- Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Водообмен в естественных условиях: Шестопапов В.М. (ред.). Киев: Наукова думка, 1989. 288 с.
- Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Водообмен в гидрогеологических структурах и Чернобыльская катастрофа. Ч. 1, 2: Шестопапов В.М. (ред.). Киев: Ин-т геол. наук НАН Украины; НИЦ радиогидрогеокол. полигон. исслед. НАН Украины, 2001. 630 с.
- Классификация минеральных вод Украины: Шестопапов В.М. (ред.). Киев: Макком, 2003. 121 с.
- Колябіна І.Л., Шестопапов В.М., Кастельцева Н.Б. Механізми формування хімічного складу питних підземних вод Київського родовища (на прикладі водозабору «Оболонь»). *Геол. журн.* 2021. № 2 (375). С. 24–46. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.2.230063>
- Руденко Ю.Ф., Шестопапов В.М., Негода Ю.О., Гураль О.В. Щодо питання раціонального використання експлуатаційних запасів питних підземних вод для водопостачання міста Києва. *Геол. журн.* 2021. № 4 (377). С. 29–55. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.4.240101>
- Шестопапов В.М. Динамика и естественные ресурсы подземных вод основных горизонтов Вольнского артезианского бассейна. Киев: Наукова думка, 1974. 132 с.
- Шестопапов В.М. Естественные ресурсы подземных вод платформенных артезианских бассейнов Украины. Киев: Наукова думка, 1981. 195 с.
- Шестопапов В.М. Методы изучения естественных ресурсов подземных вод. Москва: Недра, 1988. 169 с.
- Шестопапов В.М. О гидрогеологической зональности и водообмене в геологических структурах. *Геол. журн.* 2014. № 4 (349). С. 9–26.
- Шестопапов В.М. О возможных геолого-геофизических рисках и перспективах Чернобыльской зоны отчуждения. *Геофиз. журн.* 2016. № 1. С. 3–16.
- Шестопапов В.М. Проблеми збереження та ефективного використання якісних підземних вод у контексті водної безпеки України. *Вісн. НАН України.* 2022. № 9. С. 69–74.
- Шестопапов В.М., Богуславский А.С., Бублясь В.Н. Оценка защищенности и уязвимости подземных вод с учетом зон быстрой миграции. Киев: Альт. Арт, 2007. 118 с.
- Шестопапов В.М., Лютий Г.Г., Руденко Ю.Ф. Гідрогеологічне районування підземних гідросистем України. Стратегія використання ресурсів питних підземних вод для водопостачання. Чернівці: Букрек, 2011. Т. 1. С.166–231.
- Шестопапов В.М., Моисеева Н.П., Ищенко А.П., Кондратюк Е.И., Усов В.Ю., Моисеев А.Ю., Гудзенко В.В., Лютий Г.Г., Синицин Н.И., Сулейманов С.П., Ясевич А.П., Дружина Н.А., Ковальская В.В., Гела А.А., Родионова Н.К., Кирилюк Н.Д., Рудько Г.И., Митько А.П., Нецкий А.В., Бакаржиева О.О. Лечебные минеральные воды типа «Нафтуса» Украинских Карпат и Подолья. Черновцы: Букрек, 2013. 600 с.
- Шестопапов В.М., Лукин А.Е., Згонник В.А., Макаренко А.Н., Ларин Н.В., Богуславский А.С. Очерки дегазации Земли: Шестопапов В.М. (отв. ред.). Киев: Науч.-инж. центр радиогидрогеокол. полигон. исслед. НАН Украины, Ин-т геол. наук НАН Украины, 2018. 632 с.
- Шестопапов В.М., Стеценко Б.Д., Руденко Ю.Ф. Підземні води тріщинуватих кристалічних порід як резервне джерело питного водозабезпечення Вінниці (Україна). *Геол. журн.* 2018. № 1 (362). С. 5–16. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2018.1.126414>
- Шестопапов В.М., Климчук А.Б., Онищенко И.П. Развитие гидрогеологии в мире и гидрогеологические исследования в Институте геологических наук НАН Украины. *Геол. журн.* 2018. № 3 (364). С. 5–58. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2018.3.142261>
- Шестопапов В.М., Стеценко Б.Д., Руденко Ю.Ф. Підземні води верхньосарматського водоносного горизонту як резервне джерело питного водозабезпечення Миколаєва (Україна). *Геол. журн.* 2019. № 2 (367). С. 5–17. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2019.2.169930>
- Шестопапов В.М., Стеценко Б.Д., Руденко Ю.Ф. Проблеми питного водозабезпечення Маріуполя і пропозиції щодо їх вирішення за рахунок підземних вод. *Геол. журн.* 2020. № 1 (370). С. 3–16. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2020.1.196974>
- Шестопапов В.М., Петренко Л.І. Тріщинуватість і проникність кристалічних порід та їх розломних зон, гідрогеологічний аспект. *Геол. журн.* 2022. № 2 (379). С. 46–70. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2022.2.254153>
- Шехунова, С. Б. (2023). Критична та стратегічна мінеральна сировина для економічної безпеки та повоєнного розвитку України: Стенограма виступу на сесії Загальних зборів НАН України 27 квітня 2023 р. *Вісник НАН України*, (5), 25–30. <https://doi.org/10.15407/visn2023.05.025>
- 85-річний ювілей академіка НАН України Шестопапова В'ячеслава Михайловича. *Геол. журн.* 2021. № 3 (376). С. 88–90. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.3.237819>
- Shestopalov V. (Ed.). Chernobyl Disaster and Groundwater. Balkema, Leiden CRC Press, 2002. 289 p.
- Shestopalov V., Bohuslavsky A., Bubljas V. Groundwater Vulnerability. Chernobyl Nuclear Disaster. USA: AGU-Wiley, 2015. 136 p.

References

- Academician Shestopalov Vyacheslav Mykhailovych (On the eighty-year-old jubilee). 2016. *Geologičnij žurnal*, 3 (356): 124–126 (in Ukrainian).
- Babinets A.E., Shestopalov V.M., Moiseeva N.P., Lyutyi G.G., Istchenko A.P., Suleymanov S.P., Gudzenko V.V., Yusov V.Yu., Koyunov I.M., Gavrilyuk G.Z., Lisitchenko G.V., Yasevich A.P. 1986. Medicinal mineral waters of the type “Naftusia”. Kyiv: Naukova Dumka, 192 p. (in Russian).
- Classification of mineral waters of Ukraine. (Ed. V.M. Shestopalov). 2003. Kyiv: Makkom, 121 p. (in Russian).
- Essays on Earth degassing. Shestopalov V.M., Lukin A.E., Zgonnik V.A., Makarenko A.N., Larin N.V., Boguslavsky A.S. 2018. Kyiv: Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Radioenvironmental Center, 632 p. (in Russian).
- Koliabina I.L., Shestopalov V.M., Kasteltseva N.B. 2021. The formation mechanisms of composition of drinking groundwater of the Kyiv deposit (on the example of the Obolon water intake structure). *Geologičnij žurnal*, 2 (375): 24–46 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.2.230063>
- Rudenko Yu.F., Shestopalov V.M., Negoda Iu.O., Gural O.V. 2021. On the rational use of exploitable drinking groundwater reserves for water supply to the city of Kyiv. 2021. *Geologičnij žurnal*, 4 (377): 29–55 (in Ukrainian) <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.4.240101>
- Shekhunova, S. B. (2023). Critical and strategic mineral raw materials for economic security and post-war development of Ukraine: Transcript of the speech at the session of the General Meeting of the NAS of Ukraine on 27 April 2023. <https://doi.org/10.15407/visn2023.05.025>

- Shestopalov V.M. 1974. Dynamics and natural resources of groundwater of the main aquifers of the Volyn Artesian Basin. Kyiv: Naukova Dumka, 132 p. (in Russian).
- Shestopalov V.M. 1981. Natural groundwater resources of the platform artesian basins in Ukraine. Kyiv: Naukova Dumka, 195 p. (in Russian).
- Shestopalov V.M. 1988. Methods of studying the natural groundwater resources. Moscow: Nedra, 169 p. (in Russian).
- Shestopalov V. (Ed.). 2002. Chernobyl Disaster and Groundwater. Balkema, Leiden/CRC Press, 289 p.
- Shestopalov V.M. 2014. On hydrogeological zoning and water exchange in geological structures. *Geologičnij žurnal*, 4 (349): 9–26 (in Russian).
- Shestopalov V.M., Boguslavsky A.S., Bublyas V.N. 2007. Groundwater protectability and vulnerability assessment with account of fast migration zones. Kyiv: Alt. Art, 118 p. (in Russian).
- Shestopalov V.M. 2016. On possible geological and geophysical risks and prospects of the Chernobyl exclusion zone. *Geofizicheskij zhurnal*, 1: 3–16 (in Russian).
- Shestopalov V.M., Lyutyi G.G., Rudenko Y.F. 2011. Hydrogeological zoning of underground hydrosystems of Ukraine. Strategy of using drinking groundwater resources for water supply. Bukrek, vol. 1, p. 166–231.
- Shestopalov V.M., Moiseeva N.P., Ishchenko A.P., Kondratyuk E.I., Usov V.Yu., Moiseev A.Yu., Gudzenko V.V., Lutyi G.G., Sinizin N.I., Suleymanov S.P., Yasevich A.P., Druzhina N.A., Kovalskaya V.V., Gela A.A., Rodionova N.K., Kirilyuk N.D., Rudko G.I., Mitko A.P., Netskiy A.V., Bakarzhieva O.O. 2013. Mineral waters of "Naftusya" type of the Ukrainian Carpathians and Podolia. Chernovtsy: Bukrek, 600 p. (in Russian).
- Shestopalov V., Bohuslavsky A., Bublyas V. 2015. Groundwater Vulnerability. Chernobyl Nuclear Disaster. USA: AGU-Wiley, 136 p.
- Shestopalov V.M., Stetsenko B.D., Rudenko Y.F. 2018. Groundwater of fractured crystalline rocks as a reserve source for potable water supply in Vinnytsia (Ukraine). *Geologičnij žurnal*, 1 (362): 5–16 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2018.1.126414>
- Shestopalov V.M., Klimchouk A.B., Onyshchenko I.P. 2018. Development of hydrology in the world and hydrogeological research in the Institute of geological sciences of the NAS of Ukraine. *Geologičnij žurnal*, 3 (364): 5–58 (in Russian). <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2018.3.142261>
- Shestopalov V.M., Stetsenko B.D., Rudenko Y.F. 2019. Groundwater of the Upper Sarmatian aquifer as a reserve source for potable water supply to Mykolaiv (Ukraine) (in Ukrainian). *Geologičnij žurnal*, 2 (367): 5–17. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2019.2.169930>
- Shestopalov V.M., Stetsenko B.D., Rudenko Y.F. 2020. The problems of drinking water supply to Mariupol and proposals to solve them through the use of groundwater (Ukraine). *Geologičnij žurnal*, 1 (370): 3–16 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2020.1.196974>
- Shestopalov V.M., Petrenko L.I. 2022. Fracturing and permeability of crystal rocks and their fracture zones, hydrogeological aspect. *Geologičnij žurnal*, 2 (379): 46–70 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2022.2.254153>
- Water exchange in the hydrogeological structures of Ukraine. Methods of studying the water exchange. (Ed. V.M. Shestopalov). 1988. Kyiv: Naukova Dumka, 272 p. (in Russian).
- Water exchange in the hydrogeological structures of Ukraine. Water exchange in natural conditions. (Ed. V.M. Shestopalov). 1989. Kyiv: Naukova Dumka, 288 p. (in Russian).
- Water exchange in the hydrogeological structures of Ukraine. Water exchange in hydrogeological structures and the Chernobyl disaster. Part 1, 2. (Ed. V.M. Shestopalov). 2001. Kyiv: Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Radioenvironmental Center of NAS of Ukraine, 630 p. (in Russian).
- 85th anniversary of academician of the NAS of Ukraine Vyacheslav Mikhaylovich Shestopalov. 2021. *Geologičnij žurnal*, 3 (376): 88–90: <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.3.237819>

GEOLOGIČNIJ ŽURNAL

The Journal covers the entire range of disciplines of geological science and practice and aims to publish high-quality scientific works including original research, reviews, short scientific communications, news of scientific life, biographical materials, and more. The focus is on geological studies relevant to Ukraine and other Eastern European regions, but studies of other regions of the world are also encouraged if they are of international scientific interest.

The journal is aimed to a wide range of scholars of geological disciplines, practitioners, lecturers, engineers, and graduate students.

The Journal provides open access to the articles and does not charge any article processing fee.

→ Founders:

- Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine;
- National Academy of Sciences of Ukraine.

→ Issued quarterly.

→ Languages: Ukrainian, English.

→ The journal is indexed / abstracted:

ELSEVIER Scopus; CrossRef; OpenAIRE; Index Copernicus; Google Scholar; WorldCat; Vernadsky National Library of Ukraine; Scientific electronic library of periodicals of the National Academy of Sciences of Ukraine; BASE.

→ The journal is listed as a scientific professional edition of Ukraine (category “B”), specialties 04 – “Geological Sciences” and 103 – “Earth Sciences” (Ministry of Education and Science of Ukraine 02.07.2020 № 886).

Индекс 74114

