

<https://doi.org/10.15407/geotech2019.30.033>

УДК 553.041/086-56.02

**Яценко В.Г., Заборовская Л.П., Покалюк В.В., Лашко С.П., Заборовский В.С.,  
Лыжаченко Н.Н.**

**Яценко В.Г.**, канд. геол.-мин. наук, с. н. с., ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», [vyatsenko@gmail.com](mailto:vyatsenko@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-8113-5702>

**Заборовская Л.П.**, канд. геол. наук, н.с., ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», [zaborovskayalp63@gmail.com](mailto:zaborovskayalp63@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-7848-5528>

**Покалюк В.В.**, д-р. геол. наук, с. н. с., ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», [pvskan@ukr.net](mailto:pvskan@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-9282-0246>

**Лашко С. П.**, канд. геол. наук, доцент, Кременчугский национальный университет им. Михаила Остроградского, [lashkos@gmail.com](mailto:lashkos@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-9146-5687>

**Заборовский В.С.**, н.с., ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», [zaborovskyyv@gmail.com](mailto:zaborovskyyv@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-3606-5223>

**Лыжаченко Н.Н.**, канд. геол. наук, с.н.с, ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», [albeet@ukr.net](mailto:albeet@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-8598-0551>

## НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТЫХ ШУНГИТОПОДОБНЫХ ПОРОДАХ МЛЫНКОВСКОГО УЧАСТКА (КРИВОРОЖСКО-КРЕМЕНЧУГСКАЯ ЗОНА, УКРАИНСКИЙ ЩИТ)

*В работе приведены результаты минералого-петрографического, электронно-микроскопического, изотопного и рентгено-структурного изучения палеопротерозойских высокоуглеродистых шунгитоподобных пород Млынковского участка (Правобережный район Криворожско-Кременчугской структурно-формационной зоны). Установлено их принципиальное структурно-вещественное и генетическое сходство со стратифицированными метаморфизованными глинисто-кремнистыми шунгитоносными породами Карелии. Характерной особенностью шунгитоподобных пород Млынковского участка, выделяющей их среди прочих метаморфизованных осадков раннего докембрия Украинского щита, является крайне низкая степень метаморфизма, соответствующая цеолитовой фации. Об этом свидетельствуют слабая раскристаллизация кремнистого (опал-халцедонового) матрикса пород и присутствие в породах цеолитов и углеродистого вещества, не достигшего стадии графитации. Обнаружение таких слабометаморфизованных пород в раннем докембрии представляет исключительный интерес для реконструкции первичных условий седиментации. В породах выявлены многочисленные биогенные образования (микрофоссилии), наиболее близкие (но не идентичные) по своим морфологическим признакам к цианобактериям рода *Lynghibopsis ambigolaevis* sp. nov. семейства *Oscillatoriaceae*. Тонкозернистый углерод-опал-халцедоновый матрикс пород и присутствие в них микрофоссилий указывает на биогенно-хемогенную природу вещества. Несмотря на некоторые различия геологических условий нахождения и обстановок осадконакопления, сходство углеродистых пород Млынковского участка с шунгитовыми породами Карелии по многим параметрам, в том числе по характерной тесной ассоциации тонкозернистого кремнистого и углеродистого вещества как результата кристаллизации и полимеризации первично-гомогенного гелевого осадка – орнано-силикатного комплекса, свидетельствует о том, что шунгиты Карелии явление не уникальное. Это служит указанием на возможность выявления в Украине новых проявлений шунгитоподобных пород в существенно иных, не типичных для месторождений Карелии, геологических ситуациях. Подчеркнута необходимость систематических исследований различных групп углеродсодержащих пород Украинского щита с параллельной разработкой способов их рационального использования.*

**Ключевые слова:** палеопротерозой, Украинский щит, шунгит, шунгитоносные породы, высокоуглеродистые породы, микрофоссилии.

### Введение.

Шунгит является ценным дефицитным углеродным сырьем, месторождения которого в настоящее время известны в Карелии (восточная часть Балтийского щита). Генезис шунгита до сих пор дискутируется, однако большинство исследователей склоняется к его биогенной природе. Уникальные свойства шунгита как природного высокодисперсного углерод-

силикатного композита обуславливают широкий спектр его практического использования, включая металлургию, строительство, сельское хозяйство, решение экологических проблем, медицину, нанотехнологии [1, 2].

На Украинском щите известны проявления шунгитоподобных пород в Кировоградской области (Млынковский участок) [3], состав и генезис которых

изучен недостаточно для сравнения с классическими проявлениями на Балтийском щите.

**Цель статьи:** изучить минералого-петрографическими, электронно-микроскопическими, изотопными, рентгеноструктурными, лито-геохимическими методами высокоуглеродистые шунгитоподобные породы Млынковского участка и сравнить их с классическими шунгитоносными породами Карелии.

**Теоретические предпосылки (вопросы генезиса, классификации и терминологии шунгитоносных пород).** Наиболее изученный разрез шунгитоносных пород находится в Онежской палеопротерозойской синклинойной структуре, которая приурочена к юго-восточной части докембрийского Карельского массива Балтийского щита. В пределах данной структуры шунгитоносные породы формируют толщу общей мощностью до 1000 м. Суммарное количество углерода, накопленное в этой структуре, оценивается в  $25 \times 10^{10}$  тонн [2]. Уникальное по масштабам накопление органического вещества в Онежском осадочном бассейне именуется феноменом «Шуньга».

На протяжении длительного периода изучения шунгитовых пород (ШП) исследователями предпринимались неоднократные попытки их классифицирования. В основу классификаций закладывалось сразу несколько признаков: содержание углерода, состав и генезис минерального вещества, форма проявления шунгитового вещества. Наиболее известна классификация шунгитоносных пород и твердых битумов П.А. Борисова [4]; в ее основе заложен один признак – содержание свободного углерода. Выделены следующие разновидности: шунгит I – «минерал» шунгит («высший антракосолит» по М.М. Филлипову [5]) с содержанием углерода (мас. %) до 99 %; шунгит II – 35-70 %; шунгит III – 20-35 %; шунгит IV – 10-20 %; шунгит V <10 %. В классификации Л.П. Галдобинной и др. [6] сохранено деление пород по содержанию шунгитового вещества; в качестве второго классификационного признака служит генезис минеральной основы пород (хемогенные, терригенные и вулканогенные); дополнительные признаки – содержание общего и свободного кремнезема, сложных силикатов и модульные характеристики. В классификации Ю.К. Калинина [7] дополнительно выделены хемогенно-терригенные шунгитоносные породы. В.И. Горлов [2] впервые классифицирует ШП по генезису шунгитового вещества (первично-осадочное, миграционное, переотложенное). Последняя, наиболее разработанная генетическая классификация шунгитоносных пород, осуществлена в работах М.М. Филиппова [2, 5]. Породы разделены на 4 группы: 1) с первично-осадочным (сингенетичным) органическим веществом (ОВ) – сапропелиты; 2) со смешанным ОВ (первично-осадочным и миграционным) – сапробитумолиты; 3) с миграционным ОВ – битумолиты; 4) с переотложенным ОВ. Содержание углерода выступает в качестве дополнительного признака, позволяющего выделять подгруппы пород.

Органическое вещество ШП по уровню углефикации соответствует предграфитовой метаантрацитовой стадии и традиционно называется шунгитовым веществом (ШВ). Формы проявления ШВ в породах самые разнообразные. Большая его часть представлена в рассеянном виде, однако существуют и концентрированные формы с содержанием ШВ до 80 % в породе, а также древние твердые битумы (миграционные формы ОВ), по уровню углефикации соответствующие высшим антракосолитам [2]. Шунгитоносные породы по составу минерального компонента чрезвычайно разнообразны: кремнистые породы – лидиты, кремнистые сланцы; карбонатные – известняки, доломиты; первично-глинистые породы разного состава; вулканогенно-осадочные породы (туфопесчаники, туфоалевролиты и др.) [5].

В представлениях о природе шунгитового вещества нет единого мнения – имеют место биогенная и абиогенная (эндогенная) концепции. Большинство исследователей склоняется к биогенной [8, 9, 10]. В фундаментальной работе М.М. Филиппова [2] приведены убедительные доказательства сапропелевой природы шунгитового вещества.

Накопление больших объемов органического вещества в осадочных отложениях палеопротерозоя характерно для многих регионов мира. На Украинском щите углеродсодержащие метаосадочные породы широко распространены в составе всего разреза палеопротерозоя Криворожской синклинойной структуры (~5000 м); наибольшие концентрации ОВ приурочены к гданцевской свите (~700 м) [11].

**Геологическое строение Млынковского участка.** Млынковский участок расположен в северо-восточной части Правобережного района Криворожско-Кременчугской структурно-формационной зоны, в 30 км к юго-востоку от г. Кременчуг (Онуфриевский район Кировоградской области (рис. 1) [3]. Участок представляет полосу супракрустальных архей-палеопротерозойских пород, вмещающих железистые кварциты (Млынковская магнитная аномалия), длиной более 7 км и шириной около 700 м, вытянутую в субмеридиональном направлении вдоль зоны Криворожско-Кременчугского глубинного разлома. Главный шов Криворожско-Кременчугской разломной зоны делит Млынковский участок на две части – западную и восточную. Западная часть взброшена; непосредственно ко шву примыкает узкая полоса архейских амфиболитов конкской серии, сменяющихся к западу плагиогранитоидами рамы днепропетровского комплекса. Восточная часть представляет крутую моноклираль, падающую в западном направлении с нормальным порядком стратификации, сложенную

палеопротерозойскими породами криворожской серии (скелеватская, саксаганская, гданцевская свиты). Высокоуглеродистые шунгитоподобные породы приурочены к отложениям гданцевской свиты. Структура моноклинали усложнена субсогласными тектоническими нарушениями и линзовидными телами аплит-пегматоидных розовых гранитов кировоградско-житомирского комплекса. Мощность полосы палеопротерозойских пород составляет около 400-500 м.

Разрез криворожской серии начинается (снизу вверх) тальковыми породами скелеватской свиты (около 15 м), которые выше сменяются железисто-кремнистыми породами саксаганской свиты (чередование сланцевых и железистых пластов общей мощностью до 230 м) и завершается толщей пород гданцевской свиты, сложенной преимущественно алюмосиликатными и глиноземистыми сланцами с углеродистым веществом.

По данным [3], разрез гданцевской свиты на Млынковском участке слагается из четырех пачек (снизу вверх):

*Сланцевая пачка* (мощность до 30 м) сложена кварцсодержащими биотитовыми, мусковитовыми и углеродисто-сланцевыми сланцами с редкими прослойками мономинеральных кварцитов, доломитовых мраморов, тремолит-карбонат-хлоритовых сланцев, магнетит-гематитсодержащих и карбонат-куммингтонит-магнетитовых кварцитов.

*Нижняя кальцифир-сланцевая пачка* (~ 30 м) распространена в основном на севере участка. Разрез представляет частое чередование карбонатных, углеродисто-сланцевых и ставролит-кварц-сланцевых сланцев. Реже отмечаются прослои филлитовидных сланцев и карбонатсодержащих кварцитов.

*Кварцит-железисто-кремнистая пачка* характеризуется резкой изменчивостью мощности, как по простиранию, так и по падению пород от 2-6 до 25-45 м. Представлена магнетитовыми, куммингтонит-магнетитовыми, карбонат-магнетитовыми и гематит-мартитовыми кварцитами.

*Верхняя кальцифир-сланцевая пачка.* Её истинная мощность неизвестна, так как часть образований срезана Криворожско-Кременчугским разломом, вскрытая же мощность достигает 200 м. Представлена неравномерным чередованием пластов кварц-биотитовых, кварц-углеродисто-сланцевых, кварц-двусланцевых, кварц-карбонат-биотитовых, кварц-карбонат-хлоритовых сланцев и тремолит-серицитсодержащих кварц-карбонатных пород. В подчинённом количестве присутствуют кварц-гранат-биотитовые и ставролит-кварц-двусланцевые сланцы, а также биотитовые кварциты.

Таким образом, вскрытая суммарная мощность гданцевской свиты достигает 300 м, однако в боль-

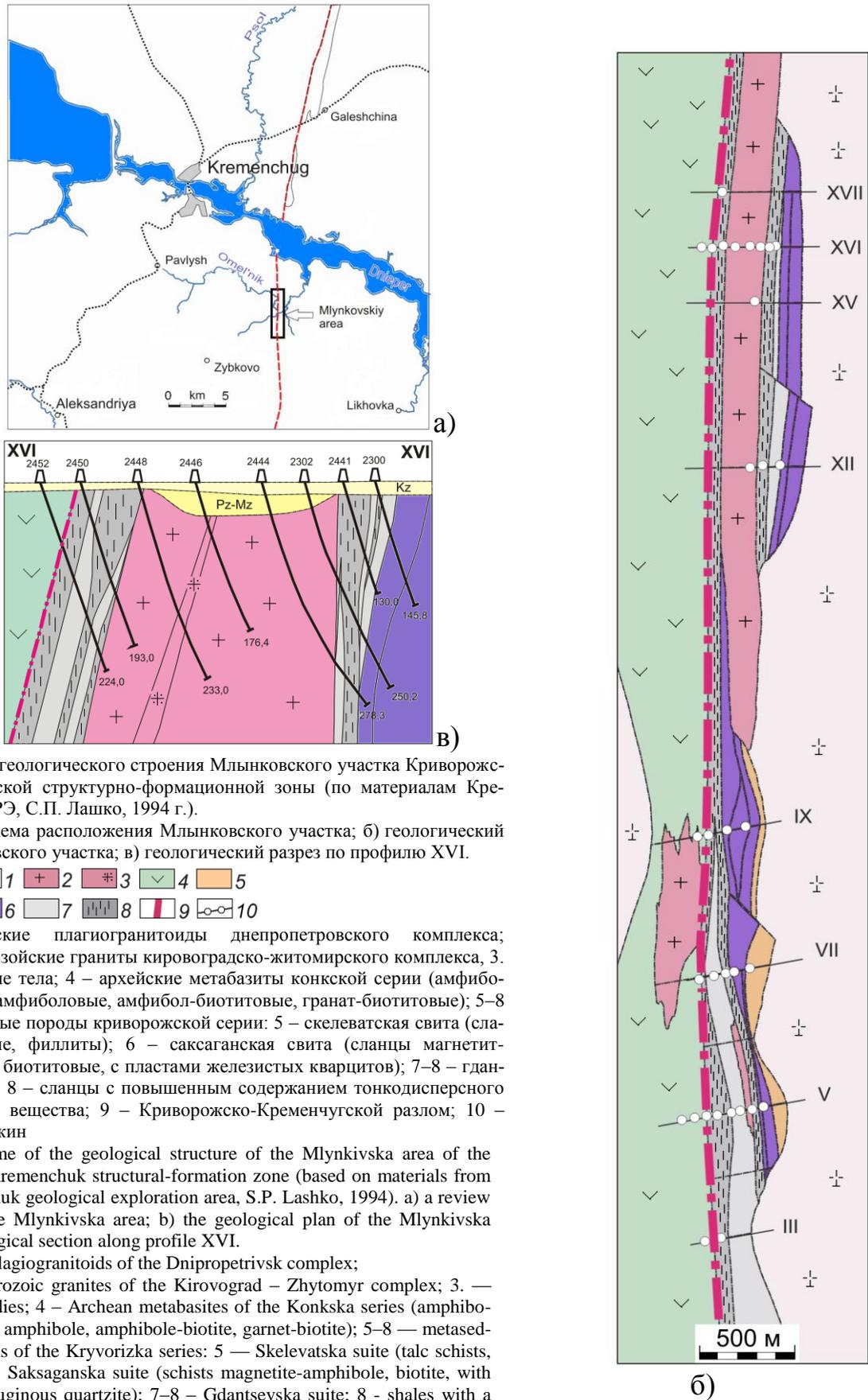
шинстве случаев в конкретных разрезах она не превышает 150 м.

**Минералого-петрографические особенности высокоуглеродистых пород Млынковского участка.** Высокоуглеродистые шунгитоподобные породы вскрыты скважинами в северной части Млынковского участка (рис. 1) в зоне тектонизированного контакта с субсогласным пластообразным телом аплит-пегматоидных гранитов кировоградско-житомирского комплекса. Залежь шунгитоподобных пород мощностью 10-30 м простирается в субмеридиональном направлении на 1,5-2,0 км; прослежена скважинами до глубины 250 м.

Макроскопически шунгитоподобные образования представляют собой темно-серые до черных, тонко-слоистые и массивные, нередко сланцеватые породы пелитоморфного облика. Петрографическое изучение минерального состава пород затруднено из-за обилия чёрного дисперсного углеродистого вещества. Структура пород в шлифах тонкозернистая, характеризуется доминированием черной углеродистой основной массы с рассеянной тонкой вкрапленностью кремнисто-силикатного (опал-халцедон-серицитового) материала (рис. 2 а).

Минеральный состав пород в шлифах однообразен: преобладают чёрное углеродистое вещество, кремнезём (опал, халцедон, кварц) и серицит; последний составляет 5-10 % породы. В небольшом количестве (до 3-5 %) присутствуют пирит, цеолит, карбонат. Под электронным микроскопом диагностированы апатит, флогопит, барийсодержащий калиевый полево-шпат.

*Углеродистое вещество (УВ).* По данным химического анализа, содержание в породах углерода составляет от 2 до 21 %, главным образом – 9-14 % (табл. 2). В шлифах углеродистое вещество выглядит доминирующим (до 70-90 %) компонентом в породе (рис. 2 а). Оно сегрегируется в агрегаты слабо выраженного глобулярного облика с размером глобул до 0,1 мм. На черном фоне видны светлые линзовидные и рассеянные выделения тонкозернистого серицит-опалового материала. Под электронным микроскопом визуально УВ имеет подчинённое значение – до 20-30 %. Основная масса пород в этом случае сложена кремнисто-силикатным материалом, в котором рассеяны/расщеплены скопления/выделения УВ неправильной формы (рис. 2 б) также с признаками тонкоглобулярной/тонкокомковатой текстуры. Соотношения кремний-силикатного и углеродистого веществ несколько разнятся, формируя тонкую слоистость. Слойки отличаются и размерностью слагающих их зёрен.



На фоне тонкодисперсного УВ видны многочисленные силуэтные формы (рис. 2 в), напоминающие цианобактерии рода *Lyngbiopsis ambigolaevis sp.nov.* семейства *Oscillatoriaceae*, выявленные А.М. Снежко в отложениях верхней свиты криворожской серии (ныне гданцевской и глееватской свит) и в отложениях родионовской свиты ингулецкой серии [12]. Описываемые образования (микрофоссилии?) имеют форму коротких палочек (длина 0,15-0,3 мм, ширина 0,04-0,08 мм) с характерным внутренним строением: внешние оболочки (чехлы цианобактерий?) сложены чешуйками серицита, сердцевина выполнена тонкозернистым опалом в смеси с тонкодисперсным углеродистым веществом.

**Кремнезём.** Кремнезём в высокоуглеродистых породах Млынковского участка представлен тремя модификациями – кварцем, опалом и халцедоном. В количественном отношении преобладают опал и халцедон. Опал в виде тонкозернистого агрегата является поровым цементом породы, иногда (в совместных микрослоях с цеолитом) образует микрожеоды. Халцедон наблюдается в виде тонких ветвящихся микропрожилков и микрожеод прихотливой формы (рис. 2 г, д) размером от долей миллиметра до 1,5-2 мм.

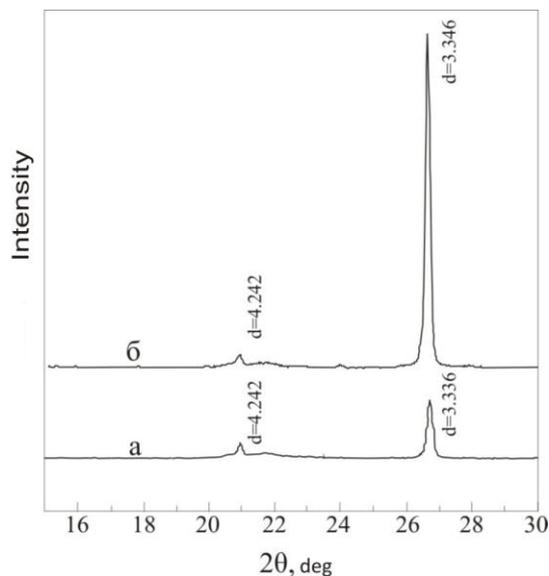
Микрожеоды халцедона имеют концентрически-зональное строение: внешние тонкие контуры имеют микрослоистую агатовидную текстуру; центральные зоны выполнены халцедоном радиально-лучистого строения. Размер микрожеод – от долей миллиметра до 1,5-2 мм. Количество халцедона в породе составляет до 5%. Наличие в основной ткани пород плохо раскристаллизованного кремнезёма (опала и халцедона) свидетельствует о слабой степени их метаморфизма. Кварц в высокоуглеродистых породах Млынковского участка присутствует в виде линзовидных, гнездовидных скоплений, развивающихся вдоль трещин, плоскостей скольжения и является более поздним по отношению к халцедон-опаловому матриксу. С кварцем ассоциируют крупные выделения идиоморфного пирита, крупные чешуйки флогопита и кристаллы барийсодержащего калиевого полевого шпата и кальцита.

**Серицит** наблюдается в виде тонких чешуек, располагающихся в основном субсогласно тонкой слоистости породы (рис. 2 е). В тонких (первые мм) слоях серицит может наблюдаться как в преобладающем (до 70%) количестве, так и в подчинённом (до 30%) по отношению к другим компонентам породы. Разные количественные соотношения органического вещества, серицита и кремнезёма подчеркивают тонкую слоистость породы. Вероятно, серицит образовался при раскристаллизации силикатного (глиноземистого) материала исходных органо-глинисто-кремнистых гелевых осадков.

Цеолиты встречаются достаточно редко (не более 2-3%), образуют микрослоики совместно с крупными (до 2-4 мм) микрожеодами опала.

**Рентгенографическое исследование углеродистого вещества** шунгитоподобных пород затруднено в связи со сложностью отделения УВ от минеральных компонентов породы. Рентгеновскому дифракционному изучению подверглась порода, содержащая, по данным химического анализа, около 10%  $C_{орг}$ . Дифрактограмма показывает отсутствие линии графита (рис. 3 а). При добавлении в пробу для контроля чешуйчатого графита Завальевского месторождения в количестве 10% на дифрактограмме появляется его четкий пик (рис. 3 б).

Отсутствие в высокоуглеродистых породах Млынковского участка графита подтверждается данными рамановской спектроскопии [13], согласно которым углеродистое вещество характеризуется неупорядоченной (неграфитовой) структурой.

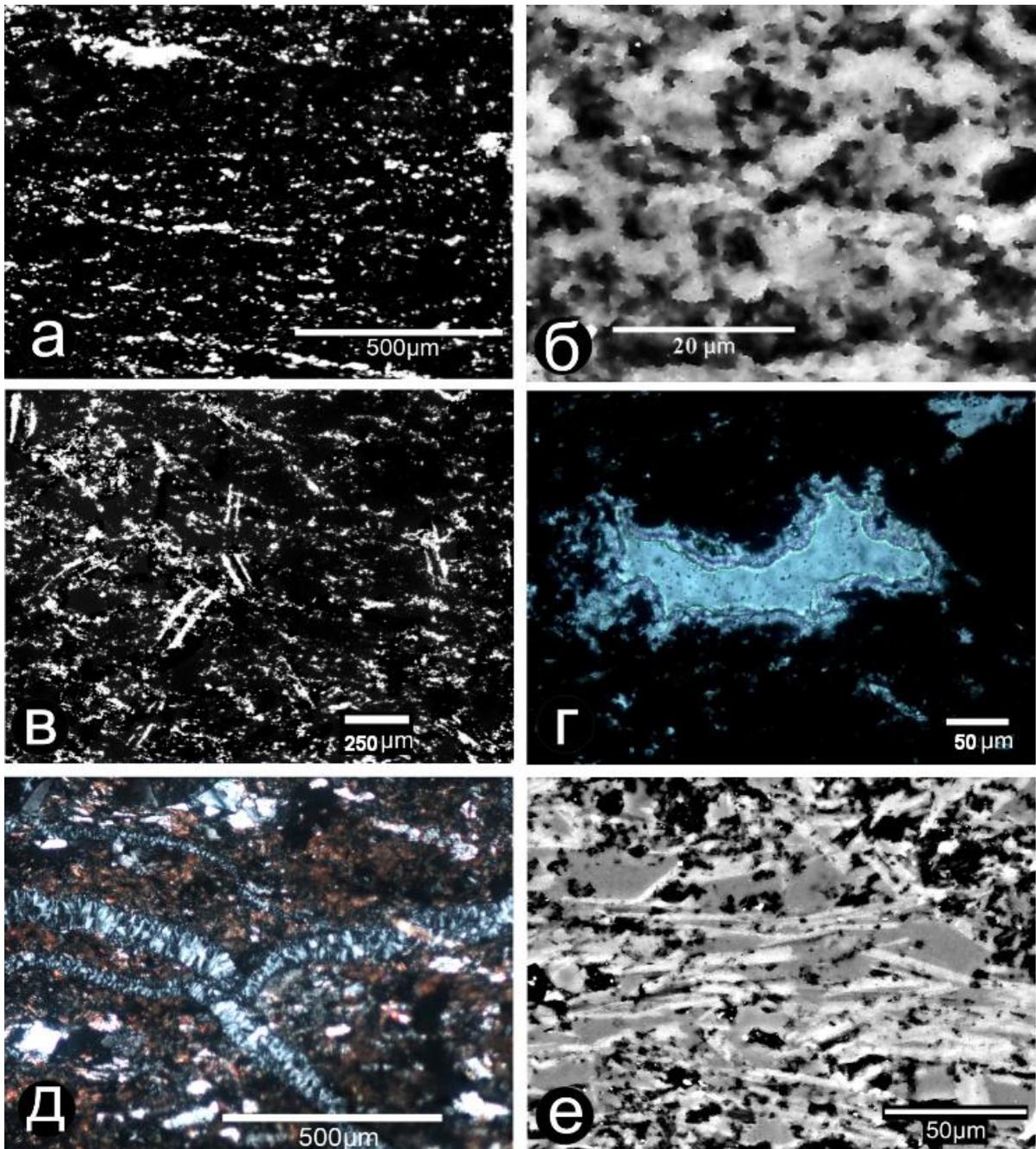


**Рис. 3.** Рентгеновская дифрактограмма шунгитоподобной породы Млынковского участка.

а – шунгитоподобная порода без примесей, б – шунгитоподобная порода с добавлением графита (10%)

**Fig. 3.** XRD pattern of shungite-like rock in Mlynkivska area. а – schungite-like rock without impurities, б – schungite-like rock with the addition of graphite (10%)

**Изотопный состав углерода.** По данным изотопно-геохимических исследований, углерод шунгитоподобных пород Млынковского участка (табл. 1) имеет заметно облегченный ( $\delta^{13}C - -33\%$ ) изотопный состав относительно среднего значения  $\delta^{13}C$  для графита Украинского щита ( $\delta^{13}C - -23\%$ ) и укладывается в диапазон значений  $\delta^{13}C$  углерода шунгитов Карелии ( $-36 \div -26\%$ ).



**Рис.2.** Структурно-текстурные особенности шунгитоподобных пород Млынковского участка Украинского щита. а, в, г – шлиф, проходящий свет, один поляризатор: а) преобладающая микрослоистая текстура пород, светлое зерно слева вверху – микрожеода халцедона; б) взаимоотношения углеродистого (чёрное) и серицит-кремнистого вещества, электронный снимок; в) предположительно биогенные образования (микрофоссилии ?); г) микрожеода халцедона зонального строения; д) ветвящиеся микропрожилки халцедона, шлиф, проходящий свет, николи скрещены; е) сланцеватая структура пород (белое – серицит, серое – опал, черное – УВ), электронный снимок

**Fig. 2.** Structural and textural features of shungite-like rocks of the Mlynkovskii area of the Ukrainian shield. a, c, d - thin section, transmitted light, one polarizer; a) the predominant micro-layered texture of the rocks, light grain at the top left - micro-geode of chalcedony; б) the relationship of carbonaceous material (black) and sericite-siliceous matter, an electronic image; c) presumably biogenic formations (microfossils?); d) micro-geode of a chalcedony of a zonal structure; e) branching micro-veins of chalcedony, thin section, transmitted light, two polarizers; f) shale structure of rocks (white - sericite, gray - opal, black - carbonaceous matter), electronic image

**Лито-геохимическая характеристика шунгитоподобных пород.** Химический состав и содержание углерода шунгитоподобных пород Млынковского участка приведены в таблице 2. На химико-генетической классификационной диаграмме Л.П. Галдобинной [6] по разделению шунгитоносных пород

Карелии в нормативных координатах «углерод – свободный кремнезем – сложные силикаты» (рис. 4) углеродистые породы Млынковского участка образуют два ряда точек, соответствующих группам IVA и IVB данной классификации (высоко- и среднекремнистым породам с калиевой специализацией), которые

являются наиболее промышленно значимыми группами шунгитов Карелии.

На классификационной диаграмме А.Н. Неёлова [14] в координатах «алюмо-глинозёмный модуль – общая меланократовость» поля составов углеродистых шунгитоподобных пород Млынковского участка и составов шунгитов Карелии практически совпадают (рис. 5).

Во вмещающей толще пород гданцевской свиты по данным спектрального анализа установлены пробы с повышенным содержанием титана (до 1 %), никеля (до 0,16 %), вольфрама (до 0,02 %), циркония (до 0,1 %), фосфора (до 1 %). По результатам химических анализов отмечаются участки с повышенным содержанием серебра (до 15 г/т). Пробирным анализом зафиксирован повышенный геохимический фон золота и субкларковый уровень концентраций платины и палладия. Проявления более высоких концентраций платиноидов обычно недостаточно контрастны, но

характерна приуроченность палладиевых аномалий к высокоуглеродистым прослоям [15].

**Сопоставление углеродистых шунгитоподобных пород Млынковского участка с шунгитами Карелии.** В таблице 3 приведено сравнительное сопоставление по ряду критериев шунгитоподобных пород Млынковского участка Криворожско-Кременчугской структурно-формационной зоны Украинского щита с шунгитами Карелии.

Прямых определений возраста гданцевской свиты криворожской серии Украинского щита, к которой приурочено проявление шунгитоподобных пород Млынковского участка, на сегодня не существует. По косвенным признакам – возрасту перекрывающих отложений глееватской свиты (~ 2100 млн лет) [16] и подстилающих отложений саксаганской свиты (~ 2300 млн лет) [17] – возрастной интервал формирования гданцевской свиты укладывается в этот промежуток.

**Таблица 1.** Изотопный состав углерода шунгитоподобных пород Млынковского участка  
**Table 1.** The carbon isotope composition in carbonaceous rocks of the Mlynkivska area

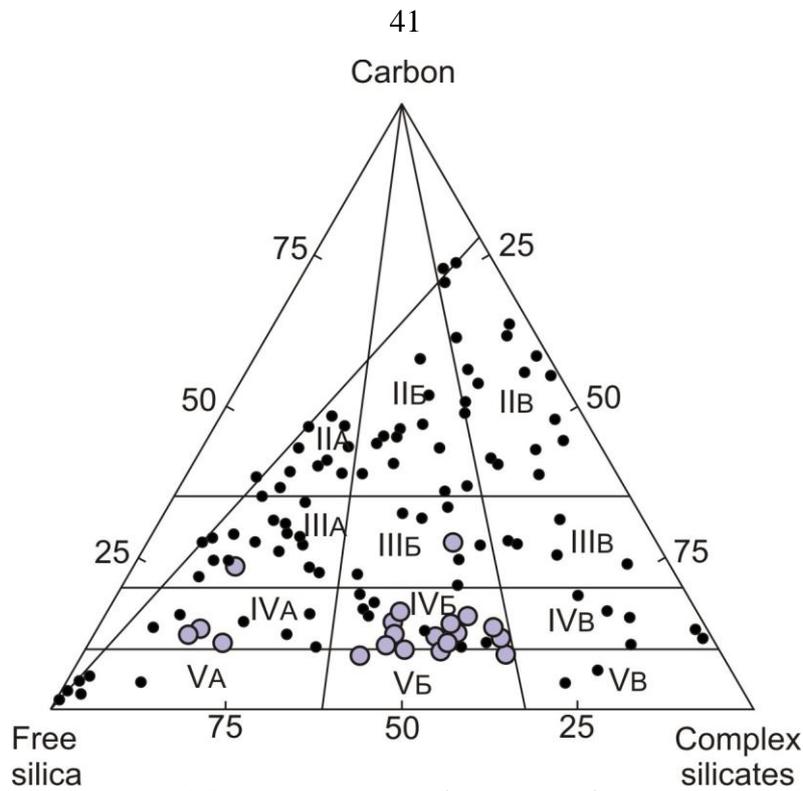
Место отбора пробы	Характеристика высокоуглеродистых пород	$\delta^{13}\text{C}$ , ‰
скв. 2302, гл. 163,3-165,3	Порода чёрная, тонкозернистая, тонкослоистая и тонкосланцеватая.	-33,86*
скв. 2303, гл. 260,0-262,5	Чёрная, тонкозернистая, массивная, с раковистым изломом порода, в шлифе тонкослоистая, микрозернистая, с микрожеодами и микропрожилками халцедона.	-34,62*
скв. 24442, гл. 21,6-23,6	Порода тёмно-серая, тонкослоистая, тонкозернистая. Хорошо видны кливажные трещины скольжения, по которым развивается тонкозернистый пирит	-35,08*
Средний изотопный состав углерода графита Украинского щита		-23÷-22
Изотопный состав углерода шунгитов Карелии [2]		-36÷-26

\*Анализы выполнены в ИГМР НАН Украины (И.М Луговая, 2005 г).

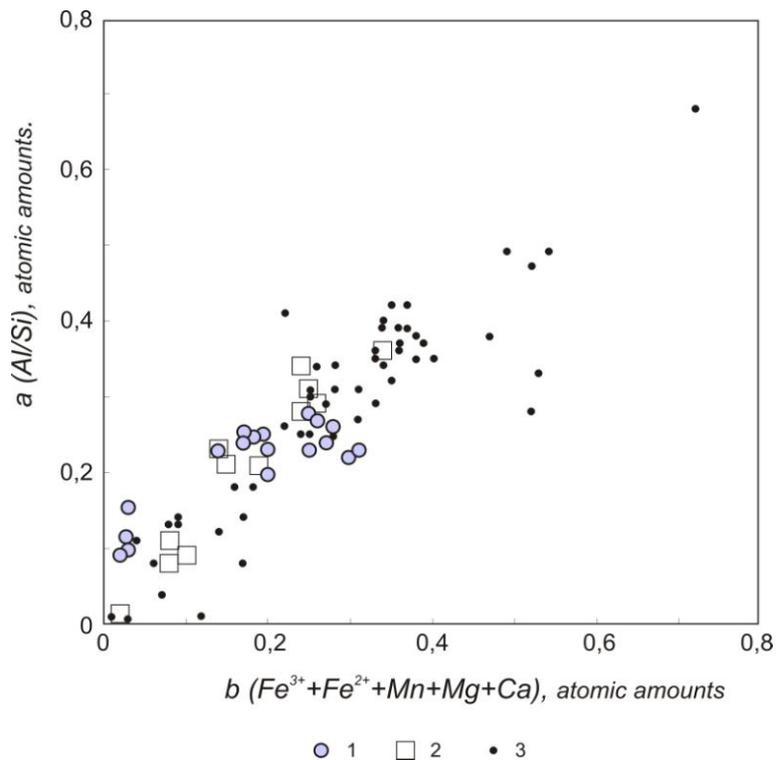
**Таблица 2.** Химический состав шунгитоподобных пород Млынковского участка  
**Table 2.** The chemical composition of schungite-like rocks of the Mlynkivska area

Место отбора		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	CaO	MgO	SO <sub>3</sub> сульф	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.	Сумма	SO <sub>3</sub> общ	S <sub>пир</sub>	H <sub>2</sub> O	C <sub>общ</sub>	CO <sub>2</sub>
№ Скв.	Интервал, м																			
2303	21,6-23,6	78,0	5,8	0,32	0,07	0,66	0,16	0,01	≤ 0,1	0,40	0,09	1,30	≤ 0,1	13,18	99,98	0,20	0,04	0,72	9,85	0,264
2303	23,6-25,6	76,4	6,2	0,06	0,50	0,65	0,20	0,01	≤ 0,1	0,55	0,204	1,39	≤ 0,1	13,28	99,43	0,35	0,06	0,80	10,28	0,275
2303	27,6-31,6	75,4	6,9	0,07	0,35	0,64	0,22	0,01	0,30	0,55	0,057	1,55	≤ 0,1	14,03	100,07	0,09	0,01	0,60	18,84	0,253
2303	31,6-33,6	48,1	9,5	3,30	0,99	0,49	0,28	0,10	3,65	4,00	2,05	1,80	0,19	24,14	98,59	2,6	0,22	0,44	21,14	0,238
2302	141,3-143,3	57,4	11,8	2,90	0,71	0,65	0,31	0,03	1,00	3,00	0,105	2,37	0,77	17,67	98,72	4,68	1,83	0,41	11,88	0,640
2302	143,3-145,3	59,5	10,2	4,42	1,06	0,66	0,29	0,03	1,30	2,80	0,078	1,65	1,09	16,08	99,76	5,12	2,02	0,26	13,55	0,567
2302	145,3-147,3	53,8	11,3	3,22	1,06	0,68	0,30	0,03	1,35	2,80	0,29	2,12	1,33	20,52	98,80	5,94	1,98	0,35	13,54	0,440
2302	147,3-149,3	52,6	10,6	3,02	1,06	0,55	0,34	0,05	3,28	3,85	1,66	1,88	0,85	19,25	98,99	5,66	1,6	0,28	12,95	0,600
2302	149,3-151,3	57,9	12,5	3,13	0,78	0,61	0,31	0,03	1,30	3,15	0,265	2,94	0,77	15,09	98,78	5,66	2,16	0,21	13,01	0,640
2302	159,3-161,3	51,8	11,9	3,72	1,42	0,75	0,30	0,05	3,10	4,00	1,05	1,65	1,17	17,82	98,73	8,29	2,9	0,38	11,95	0,329
2302	161,3-163,3	53,5	12,8	3,72	1,06	0,68	0,33	0,04	3,00	3,45	0,809	1,96	1,33	16,22	98,90	5,66	1,94	0,24	11,66	0,245
2302	163,3-165,3	57,1	11,9	4,00	0,70	0,59	0,20	0,03	0,91	2,30	0,394	2,70	0,19	17,45	98,52	6,10	2,28	0,27	11,93	0,275
2302	171,8-174,0	59,6	11,8	0,90	2,62	0,58	0,34	0,02	0,73	2,15	0,223	3,85	0,15	15,59	98,55	5,24	2,00	0,31	9,70	0,201
2444	245,0-248,0	51,3	11,7	3,66	1,84	0,61	0,30	0,09	1,64	4,00	0,328	2,45	0,53	20,23	98,68	4,32	1,60	0,45	12,6	0,929
2444	248,0-249,5	52,0	9,7	3,66	1,21	0,62	0,30	0,09	2,27	5,15	1,08	2,00	0,32	21,42	99,82	5,43	1,77	0,27	11,02	0,768
2444	249,5-251,0	53,2	10,6	3,28	1,22	0,59	0,32	0,04	2,73	3,60	0,924	2,12	1,01	19,21	98,84	7,40	2,58	0,22	11,02	0,768
2444	251,0-254,0	57,6	10,8	2,12	1,42	0,64	0,32	0,04	2,37	3,15	0,732	2,37	1,17	16,28	99,01	5,24	1,81	0,36	9,70	1,280
2444	254,0-257,0	51,4	11,2	2,12	1,42	0,61	0,31	0,08	4,55	3,70	1,88	1,80	1,09	18,46	98,62	3,96	0,83	0,52	9,27	0,823
2444	257,0-260,0	57,3	11,3	3,40	0,64	0,66	0,38	0,04	1,10	3,50	0,494	1,96	0,40	17,54	97,71	3,86	1,34	0,62	9,30	0,967
2444	260,0-262,5	75,8	7,0	0,70	0,20	0,66	0,12	0,01	≤ 0,1	0,65	0,07	1,72	0,14	11,65	98,80	0,44	0,14	0,30	11,25	0,896

Анализы выполнены в химической лаборатории ПГО «Южукргеология», 1995 г.



**Рис. 4.** Положение шунгитоподобных пород Млынковского участка (серые кружки) на химико-генетической классификации шунгитов (чёрные кружки) по Л.П. Галдобиной [6]  
**Fig. 4.** The position of shungite-like rocks of the Mlynkivska area (gray circles) in the chemical-genetic classification of shungites (black circles) by L.P. Galdobina [6]



**Рис. 5.** Положение углеродистых пород и шунгитов на классификационной диаграмме А.Н. Неёлова [14]  
 1 – высокоуглеродистые шунгитоподобные породы Млынковского проявления; 2 – шунгиты Карелии; 3 – шунгитосодержащие породы Карелии  
**Fig. 5.** The position of carbonaceous rocks and shungites on the classification chart by A.N. Neelov [14].  
 1 - high-carbonaceous shungite-like rocks of the Mlynkivska area; 2 - shungites from Karelia; 3 - shungite-bearing rocks from Karelia

**Таблица 3.** Сравнение шунгитоподобных пород Млынковского участка с шунгитами Карелии  
**Table 3.** Comparison of schungite-like rocks of the Mlynkivska area with shungites from Karelia

	<b>Шунгиты Карелии</b>	<b>Шунгитоподобные породы Млынковского проявления Украинского щита</b>
<b>Геологическое положение</b>	Онежская синклиальная структура юго-восточной части Карельского массива Балтийского щита	Млынковская синклиналь Криворожско-Кременчугской структурно-формационной зоны Украинского щита
<b>Обстановка осадконакопления</b>	Бассейны глинисто-карбонатного осадконакопления в условиях с резко восстановительной средой и мощным подводным базальтоидным вулканизмом	Субплатформенный бассейн с терригенным, карбонатным и хемогенно-железистым осадконакоплением
<b>Возраст отложений</b>	Палеопротерозой	Палеопротерозой
<b>Характер залегания продуктивных тел</b>	Стратиформные пласты, секущие жилы, экструзивные тела	Стратиформные пласты
<b>Содержание углерода в породах</b>	0,п ÷ 80 %	2 – 21 %, главным образом 9–14 %
<b>Типы выделения углеродистого вещества</b>	Стратифицированный (сингенетический), миграционный, переотложенный	Стратифицированный
<b>Структурное состояние углеродистого вещества</b>	Некристаллический неграфитируемый углерод с надмолекулярной глобулярной структурой	Некристаллический (неграфитируемый?) углерод с признаками глобулярной структуры
<b>Типы углеродсодержащих пород</b>	12 групп по содержанию углерода и составу минеральной части	2 группы, соответствующие двум промышленно значимым группам шунгитов Карелии
<b>Изотопный состав углерода <math>\delta^{13}C</math></b>	-36 ÷ -26 ‰	-35,1 ÷ -33,9 ‰
<b>Генезис пород</b>	Метаморфизм органо-силикатного геля	Метаморфизм органо-силикатного геля
<b>Характеристика полезного ископаемого</b>	Природный углерод-силикатный тонкозернистый композит матричной структуры	Природный углерод-силикатный тонкозернистый композит матричной структуры
<b>Уровень запасов шунгитов</b>	4 месторождения шунгитов с общими запасами 80 млн. т по категории. А+В+С1	Залежь шунгитоподобных пород мощностью до 30 м и протяженностью 1,5 – 2,0 км прослеживается до глубины 260 м.
<b>Направления практического использования</b>	Металлургия, строительство, водоочистка, экология, медицина, нанотехнологии	Водоочистка, экология, медицина, нанотехнологии

Таким образом, возраст углеродистых пород гданцевской свиты криворожской серии хорошо сопоставляется с возрастом людиковийского горизонта палеопротерозойской Онежской структуры Карельского кратона Балтийского щита (2100-1920 млн. лет) [2]. Однако условия накопления обогащенных углеродом отложений несколько отличались: в Онежской синклинорной структуре это были бассейны глинисто-карбонатного осадконакопления в условиях с резко восстановительной средой и мощным подводным базальтоидным вулканизмом, а во внутренней зоне Криворожско-Кременчугского краевого прогиба – бассейны с терригенным, карбонатным и хемогенно-железистым осадконакоплением.

Отличия касаются и характеристики продуктивных тел. В Онежской структуре шунгиты формируют стратиформные пласты, секущие жилы и экструзивные тела. Присутствуют сингенетический (стратифицированный), миграционный и переотложенный типы углеродистого вещества; содержание углерода в шунгитовых породах Карелии изменяется от долей до 80 %. На Млынковском участке шунгитоподобные породы представлены лишь стратиформным пластом и, соответственно, присутствует только статифицированный тип углеродистого вещества, содержание которого в породах достигает 21 %.

Шунгитоподобные породы Млынковского участка, по сравнению с шунгитовыми породами Карелии, характеризуются меньшим разнообразием содержания углерода и составов минеральной части, но в химико-генетической классификации Л.П. Галдобиной [1] они соответствуют двум наиболее промышленно значимым группам шунгитов Карелии (рис. 4).

Вариации изотопного состава углерода  $\delta^{13}\text{C}$  шунгитоподобных пород Млынковского участка полностью укладываются в интервал значений изотопного состава углерода шунгитов Карелии. Несколько более узкий диапазон значений  $\delta^{13}\text{C}$  углерода шунгитоподобных пород Млынковского участка по сравнению с шунгитами Карелии можно объяснить в целом меньшим количеством разновидностей углеродистых пород.

Существенным отличием углеродистых шунгитоподобных пород Млынковского участка от шунгитов Карелии является уровень запасов. В Карелии углеродистые (шунгитовые) породы распространены на обширной территории, но наибольшее их количество присутствует в Онежской палеопротерозойской синклинорной структуре. Здесь известны 4 месторождения шунгитов с общими запасами 80 млн. т. в категории А + В + С1. По данным М.М. Филиппова [2], суммарное количество органического углерода, накопленного в Онежской структуре, оценивается в  $25 \times 10^{10}$  т. На Млынковском участке объем углеродистых пород значительно меньше. В настоящее время здесь

известна лишь одна субвертикальная залежь шунгитоподобных пород мощностью от 10 до 30 м, которая протягивается на 1,5 – 2,0 км и прослеживается до глубины 260 м.

Несмотря на некоторые отличия геолого-генетических условий формирования шунгитов Карелии и шунгитоподобных пород Млынковского участка, в главном, что определяет уникальность и ценность шунгита, а именно – в своеобразной структуре углеродистой породы и собственно структуре углеродистого вещества, – эти породы достаточно сходны между собой. Так, исходя из совокупности полученных данных (макро-, мезо- и микроструктурно-текстурных особенностей пород, их минерального состава, содержания углерода и его структуры), в углеродистом веществе пород Млынковского участка, как и в шунгитах Карелии, отсутствует кристаллическая (графитовая) структура и отмечаются признаки присутствия глобулярной надмолекулярной структуры УВ. Высокоуглеродистые породы Млынковского участка, подобно типичным шунгитам Карелии, представляют собой тонкий агрегат углеродистого и алюмосиликатного вещества, то есть являются углеродсодержащими пелитоморфными породами с матричной структурой.

### Выводы

1. На основе комплексных минералогопетрографических, электронно-микроскопических, изотопных, рентгеноструктурных, литогеохимических исследований установлено, что палеопротерозойские высокоуглеродистые шунгитоподобные породы Млынковского участка (Правобережный район, Криворожско-Кременчугская зона Украинского щита) принципиально сходны в структурновещественном и генетическом отношении со стратифицированными шунгитоносными породами Карелии.

2. Установлена крайне низкая степень метаморфизма цеолитовой фации шунгитоподобных пород Млынковского участка. Об этом свидетельствуют слабая раскристаллизация кремнистого (опал-халцедонового) матрикса пород, присутствие в породах цеолитов и углеродистого вещества, не достигшего стадии графитации. Обнаружение таких слабометаморфизованных пород в раннем докембрии Украинского щита представляет исключительный интерес для реконструкции первичных условий седиментации.

3. Нераскристаллизованный углерод-опал-халцедоновый матрикс и наличие в нем характерных структур (микрофоссилий), наиболее близких (но не идентичных) по своим морфологическим признакам к цианобактериям рода *Lyngbiopsis ambigolaevis sp.nov.*

семейства *Oscillatoriaceae* указывает на биогенно-хемогенный генезис пород.

4. Несмотря на некоторые различия геологических условий нахождения и обстановок осадконакопления, сходство углеродистых пород Млынковского участка с шунгитовыми породами Карелии по многим параметрам, в том числе по характерной тесной ассоциации тонкозернистого кремнистого и углеродистого вещества как результата кристаллизации и полимеризации первично-гомогенного гелевого осадка – органико-силикатного комплекса, свидетельствует о том, что шунгиты Карелии, в принципе, явление не уникальное. Это служит указанием на возможность выявления в Украине новых проявлений шунгитоподобных пород в существенно иных, не типичных для месторождений Карелии геологических ситуациях.

5. Назревшей представляется постановка систематических исследований для получения полной характеристики всего комплекса свойств – механических, физических и химических – различных групп углеродсодержащих пород Украины, с параллельной разработкой способов их рационального использования.

#### Литература

1. Шунгиты Карелии и пути их комплексного использования. Под ред. Соколова В.А., Калинина Ю. К. Петрозаводск, 1975. 240 с.
2. Филиппов М.М. Шунгитоносные породы Онежской структуры. Петрозаводск: КНЦ РАН, 2002. 146 с.
3. Снежко А.М., Лашко С.П., Яценко В.Г. О шунгитах и шунгитовом минеральном сырье Украины. Сборник научных работ Института геохимии окружающей среды. 2005. Вып.11. С. 80–88.
4. Борисов П.А. Карельские шунгиты. Петрозаводск: Карелия, 1956. 92 с.
5. Филиппов М.М., Первунина А.В. О классификации шунгитоносных пород палеопротерозоя Карелии. 36. науч. праця Інституту геологічних наук НАН України. 2008. Вип. 1. С. 178–185.
6. Галдобина Л.П. Типы и свойства шунгитовых и шунгитосодержащих пород / В кн: Шунгиты Карелии и пути их комплексного использования. Под ред. Соколова В.А., Калинина Ю. К. Петрозаводск, 1975. С. 20–29.
7. Калинин Ю.К. Классификация шунгитовых пород. В кн. Шунгиты – новое углеродистое сырье. Петрозаводск, 1984. С. 4–16.
8. Жмур С.И., Горленко В.М., Розанов А.Ю. Цианобактериальная система – продуцент углеродистого вещества шунгитов нижнего протерозоя Карелии. Литология и полезные ископаемые. 1993. № 6. С. 122–127.
9. Тимошина И.Д., Конторович А.Э., Борисова Л.С. и др. Органическая геохимия шунгитоносных пород заонежской свиты (PR1) Карелии. Успехи органической геохимии: Материалы Всерос. науч. конф. (Новосибирск, 11-15 октября 2010 г.). С. 329–332.
10. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимия чёрных сланцев. Л.: Наука, 1998. 272 с.
11. Покалюк В.В. Литогенез в раннем докембрии Криворожского железорудного бассейна. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2017. 461 p. (ISBN 978-3-330-32486-6)
12. Снежко А.М., Раскатова Л.Г. Новые виды докембрийских синезелёных водорослей. ДАН УССР. 1979. № 3. Серия Б. С. 181–186.
13. Лижаченко Н.М., Міланська С., Курило С.І. та ін. Досвід Раманівської спектроскопії графіту Українського щита. Геологія і

корисні копалини України: Збірник тез наукової конференції, присвяченої 100-річному ювілею Національної академії наук України та Державної служби геології та надр України (Київ, 2-4 жовтня 2018 р.). Київ: НАН України, Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П.Семененка. 2018. С.121–123.

14. Неёлов А.Н. Петрохимическая классификация осадочных пород для изучения метаморфических комплексов докембрия. Литология и геохимия раннего докембрия. Апатиты, 1977. С. 6–105.

15. Юшин А.А., Снежко А.М., Яценко В.Г. Платиновые металлы и золото в металлоносных высокоуглеродистых формациях раннего докембрия Украинского щита. Сборник научных трудов Института геохимии окружающей среды. Киев, 2003. Вып. 8. С.179–201.

16. Артеменко Г.В., Шумлянський Л.В., Беккер А.Ю. U-Pb возраст (LA-ISP-MS) кластогенного циркона глееватской свиты Кривбасса (Украинский щит). Геол. журн. 2018. N 2 (363). С. 42–57.

17. Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Стратиграфия. Киев: Наук. думка, 1988. 191 с.

#### References

1. Sokolov, V. A., Kalinin, Yu. K. (1975), *Shungity Karelii i puti ih kompleksnogo ispol'zovaniya*. Petrozavodsk. RU. 240 p.
2. Filippov, M.M. (2002), *Shungitonochnye porody Onezhskoy struktury*. KNC RAN Petrozavodsk. RU. 146 p.
3. Snezhko, A.M., Lashko, S.P., Yatsenko, V.G. (2005). *O shungitakh i shungitovom mineral'nom syr'ye Ukrainy*. *Sbornik nauchnyh rabot Instituta geohimii okruzhayushchej sredy*. Vyp.11. RU. pp. 80–88.
4. Borisov, P.A. (1956), *Karel'skie shungity*. Petrozavodsk. RU. 92 p.
5. Filippov, M.M., Pervunina, A.V. (2008), *Zb. nauk. pr. Institutu geologichnih nauk NAN Ukraini*, Vyp. 1. RU. pp. 178–185.
6. Galdobina, L.P. (1975), *Tipy i svoystva shungitovyh i shungitsoderjasch'ih porod / pod red. V.A. Sokolova i YU.K. Kalinina. / Shungity' Karelii i puti ih kompleksnogo ispol'zovani*. Petrozavodsk. pp. 20–29.
7. Kalinin, Yu.K. (1984), *Shungity – novoe uglerodistoe syr'e*, Petrozavodsk. RU. pp. 4–16.
8. Zhmur, S.I., Gorlenko, V.M., Rozanov, A.Yu. (1993), *Litologiya i poleznye iskopaemye*, 6. RU. pp. 122–127.
9. Timoshina, I.D., Kontorovich, A.E., Borisova, L.S. (2010), *Uspekhi organicheskoy geohimii: Materialy Vseros. nauch. konf. (11-15 oktyabrya 2010 g.)*. RU. pp.329–332.
10. Yudovich, Ya.E., Ketris, M.P. (1988), *Geohimiya chornykh slancev*, L., Nauka. RU. 272 p.
11. Pokalyuk, V.V. *Litogenez v rannem dokembrii Krivorozhskogo zhelezorudnogo bassejna*. LAP LAMBERT Academic Publishing: 2017. RU. 461 p.(ISBN 978-3-330-32486-6)
12. Snezhko, A.M., Raskatova, L.G. (1979), *DAN UССР*, 3, B. RU. pp. 181–186
13. Lyzhachenko, N.M., Milans'ka, S., Kurylo, S.I. (2018), *Geologiya i korisni kopalini Ukraini: Zbirnik tez naukoivoi konferencii, prisvyachenoї 100-richnomu yuvileju Nacional'noi akademii nauk Ukraini ta Derzhavnoi sluzhbi geologii ta nadr Ukraini (Kiiv, 2-4 zhovtnya 2018 r.)*, NAN Ukraini, In-t geohimii, mineralologii ta rudoutvorennia im. M.P.Semenenka. Kyiv. UA. pp.121–123.
14. Neelov, A.N. (1977), *Litologiya i geohimiya rannego dokembriya*. Apatity. RU. pp. 6–105.
15. Yushin, A.A., Snezhko, A.M., Yatsenko, V.G. (2003), *Sbornik nauchnyh trudov Instituta geohimii okruzhayushchej sredy*. Kyiv. Vyp. 8. RU. pp.179–201.
16. Artemenko, G.V., Shymlyansky L.V., Bekker, A. Yu. (2018). *U-Pb vozrast (LA-ISP-MS) klastogennoho circona gleevatsoj svity Krivbassa (Ukrainski sit)*. *Geol. Journal*. No 2 (363). RU. P. 42–57.
17. *Zhelezisto-kremnistyye formytsii dokembriya yevropeyskoy chasti SSSR. Stratigrafiya*. Kiev: Nauk. dumka, 1988. RU. 191 p.

## НОВІ ДАНІ ПРО БАГАТОВУГЛЕЦЕВІ ШУНГІТОПОДІБНІ ПОРОДИ МЛИНКІВСЬКОЇ ДІЛЯНКИ (КРИВОРІЗЬКО-КРЕМЕНЧУЦЬКА ЗОНА, УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ)

**Яценко В.Г.**, канд. геол.-мін. наук, пров. н. с., ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», vgyatsenko@gmail.com  
**Заборовська Л.П.**, канд. геол. наук, н. с., ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», zaborovskayalp63@gmail.com  
**Покалюк В.В.**, докт. геол. наук, пров. н. с., ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», pvskan@ukr.net  
**Лашко С. П.**, канд. геол. наук, доцент Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського, lashkos@gmail.com  
**Заборовський В.С.**, н.с., ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»  
**Лижаченко Н.М.**, канд. геол. наук, с.н.с, ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»

*У роботі наведено результати мінералого-петрографічного, електронно-мікроскопічного, ізотопного і рентгеноструктурного вивчення палеопротерозойських високовуглецевих шунгітоподібних порід Млинківської ділянки (Правобережний район Криворізько-Кременчуцької структурно-формаційної зони). Встановлено їх принципову структурно-речовинну і генетичну схожість зі стратифікованими метаморфізованими глинисто-кременистими шунгітоносними породами Карелії. Характерною особливістю шунгітоподібних порід Млинківської ділянки, що виділяє їх серед інших метаморфізованих відкладів раннього докембрію Українського щита, є вкрай низький ступінь метаморфізму, що відповідає цеолітовій фації. Про це свідчать слабка розкristалізація кременистого (опал-халцедонового) матриксу порід і присутність в породах цеолітів і вуглецевої речовини, яка не досягла стадії графітації. Виявлення таких слабо-метаморфізованих порід у ранньому докембрії становить винятковий інтерес для реконструкції первинних умов седиментації. Тонкозернистий вуглець-опал-халцедоновий матрикс і наявність у ньому характерних структур (мікрофосилії?), близьких (але не ідентичних) за своїми морфологічними ознаками до ціанобактерій роду *Lyngbiopsis ambigolaevis sp.nov.* сімейства *Oscillatoriaceae*, вказує на біогенно-хемогенну природу речовини. Не зважаючи на деякі відмінності у геологічних умовах знаходження і обстановках осадконакопичення, схожість вуглецевих порід Млинківської ділянки з шунгітовими породами Карелії за багатьма параметрами, в тому числі за характерною тісною асоціацією тонкозернистої кременистої і вуглецевої речовини як результату кристалізації і полімеризації первинно-гомогенного гелевого осаду – органо-силікатного комплексу, свідчить про те, що шунгіти Карелії явище не унікальне. Це служить указівкою на можливість виявлення в Україні нових проявів шунгітоподібних порід в істотно інших, не типових для родовищ Карелії геологічних ситуаціях. Зроблено висновок про перспективність постановки систематичних досліджень для вивчення всього комплексу властивостей – механічних, фізичних і хімічних – різних груп вуглецьвмісних порід України, з паралельною розробкою способів їх раціонального використання.*

**Ключові слова:** палеопротерозой, Український щит, шунгіт, шунгітоносні породи, високовуглецеві породи, мікрофосилії.

## NEW DATA ON HIGH-CARBONACEOUS SHUNGIT-LIKE ROCKS OF MLYNKIVSKA AREA (KRYVYI RIH-KREMENCHUK ZONE, UKRAINIAN SHIELD)

**Yatsenko V.G.**, Ph.D. (Geol), Leading Researcher, SI "Institute of Environmental Geochemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine", vgyatsenko@gmail.com  
**Zaborovskaya L.P.**, Ph.D. (Geol), Researcher, SI "Institute of Environmental Geochemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine", zaborovskayalp63@gmail.com  
**Pokalyuk V.V.**, Full D. (Geol), Leading Researcher, SI "Institute of Environmental Geochemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine", pvskan@ukr.net  
**Lashko S.P.**, Ph.D. (Geol), Associate Professor, Kremenchug National University by Mikhail Ostrogradsky, lashkos@gmail.com  
**Zaborovsky V.S.**, Researcher, SI "Institute of Environmental Geochemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine"  
**Lyzhachenko N.N.** Ph.D. (Geol), Senior Researcher, SI "Institute of Environmental Geochemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine"

*The paper presents the results of mineralogical, petrographic, electron microscopy, isotopic and X-ray structural studies of Paleoproterozoic high-carbon schungite-like rocks of the Mlynkivska area (Pravoberezhnyi district of the Kryvyi Rih-Kremenchuk structural formation zone). Their principal structural, material and genetic similarities with stratified metamorphosed clay-siliceous schungite-bearing rocks from Karelia are established. A characteristic feature of schungite-like rocks of the Mlynkivska area, that distinguishes them from other metamorphosed sediments of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield, is the extremely low degree of metamorphism corresponding to the zeolite facies. This is evidenced by the weak crystallization of the siliceous (opal-chalcedony) matrix of rocks and the presence in the rocks of zeolites and a carbonaceous substance that has not reached the graphitization stage. The discovery of such weakly metamorphosed rocks in the Early Precambrian is of exceptional interest for reconstruction of the primary sedimentary conditions. Numerous biogenic formations (microfossils), which are closest (but not identical) in their morphological characteristics to cyanobacteria of the genus *Lyngbiopsis ambigolaevis sp.nov.* *Oscillatoriaceae* family, were found in the rocks. The fine-grained carbon-opal-chalcedony matrix of rocks and the presence of microfossils in them indicate the biogenic-chemogenic nature of their primary matter. Despite some differences in the geological settings and the conditions of sedimentation, the similarity of the carbonaceous rocks of the Mlynkivska area with the schungite rocks from Karelia in many parameters, including the characteristic close association of fine-grained siliceous and carbonaceous matter as a result of crystallization and polymerization of a primary homogeneous gel precipitate - organo-silicate complex, indicates that the schungite from Karelia is not a unique phenomenon. This serves as an indication of the possibility of identifying new manifestations of schungite-like rocks in Ukraine in significantly different geological situations that are not typical for the deposits in Karelia. The need for systematic studies of various groups of carbon-bearing rocks of the Ukrainian Shield with the parallel development of methods for their rational use is emphasized.*

**Key words:** paleoproterozoic, Ukrainian shield, schungite, schungite-bearing rocks, high-carbonaceous rocks, microfossils.