

**КОРИСНІ КОПАЛИНИ ОСАДОВИХ БАСЕЙНІВ;  
СУЧАСНІ МЕТОДИ ЛІТОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ /  
ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ ОСАДОЧНЫХ БАСЕЙНОВ;  
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

УДК 553.981/982 (472)

**І.М. Куровець<sup>1</sup>, Д.М. Дригант<sup>2</sup>, П.М. Чепіль<sup>3</sup>, П.С. Чепусенко<sup>1</sup>, А.І. Шира<sup>1</sup>**

**ГЕОЛОГО-ПЕТРОФІЗИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНОВИХ ДРІБНОЗЕРНИСТИХ ПОРІД СИЛУРУ ПІВДЕННО-ЗАХІДНОЇ ОКРАЇНИ СХІДНО-ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ПЛАТФОРМИ**

**I.M. Kurovets, D.M. Drygant, P.M. Chepil, P.S. Chepusenko, A.I. Shyra**

**GEOLOGICAL-PETROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE SILURIAN FINE-GRAINED ROCKS OF THE SOUTH-WESTERN MARGIN OF THE EAST EUROPEAN PLATFORM**

Наведено результати досліджень мінералого-петрографічних, літолого-фаціальних і петрофізичних властивостей морських глибоководних відкладів аргілітової та алевролітової фракцій порід силуру південно-західної країни Східно-Європейської платформи як потенційного об'єкту для пошуків сланцевого газу (shale gas) та щільного газу (tight gas).  
*Ключові слова:* аргілітові відклади, силур, геолого-петрофізична характеристика, південно-західна країна Східно-Європейської платформи.

Приведены результаты исследований минералого-петрографических, литолого-фациальных и петрофизических свойств морских глубоководных отложений аргиллитовой и алевролитовой фракций пород силура юго-восточной окраины Восточно-Европейской платформы как потенциального объекта для поиска сланцевого (shale gas) и плотного газа (tight gas).

*Ключевые слова:* аргиллитовые отложения, силур, геолого-петрофизическая характеристика, юго-западная окраина Восточно-Европейской платформы.

The paper presents the results of studies of mineralogical-petrophysical, lithological-facies and petrophysical properties of marine deep-seated deposits of argillite and aleurolite fractions of Silurian rocks of the south-western margin of the East European Platform as a potential object for prospecting of shale gas and tight gas.

*Keywords:* argillite deposits, Silurian, geological-petrophysical characteristic, south-western edge of the East European Platform

Дрібнозернисті відклади аргілітової та алевролітової фракцій є найпоширенішим типом серед порід осадового чохла, однак вивчені вони недостатньо [10]. В останній час у зв'язку з проблемою пошуків неконвенційних покладів газу — так званих сланцевого газу (shale gas) та щільного газу (tight gas) — значно зріс інтерес до вивчення особливостей їх поширення та будови складених ними товщ. У цьому аспекті привертає увагу потужна (до 1000 м) товща дрібнозернистих теригенних відкладів (сланців, shale) силуру, яка в межах України розкрита кількома свердловинами на південно-західній (Волино-Подільській) країні Східно-Європейської платформи. Проте літолого-фаціальні, мінералого-петрографічні та петрофізичні властивості цих відкладів практично не досліджені [5, 3, 4]. В той же час інтенсивні дослідження нижньопалеозойських сланцевих відкладів проводяться в Польщі в Східноєвропейському кратоні (Балтійський і Люблінсько-Подляський басейни), головним чином у верхньордовіцьких і нижньосилурійських відкладах [8, 9].

У тектонічному відношенні Волино-Подільська країна платформи належить до зони переходу давньої платформи до альпійського Карпатського орогену. Розвинуті на ній відклади силуру представлені стратиграфічно безперервною товщею, яка у вигляді монокліналі з нахилом верств на захід та південний захід облямовує край платформи на просторі від Балтійського до Чорного моря. В межах України вона розвинута на західному (Волинь) та південно-західному (Поділля) схилах Українського щита, у Львівському прогині та у південно-східній частині Передкарпатського прогину, складаючи разом із нижнім девонем єдиний структурний комплекс. Відклади силуру залягають на розмитій під час тривалої регресії (зумовленої таконською фазою орогенезу) поверхні, складеній породами ордовіку, кембрію і венду. Глибина залягання підшви силуру збільшується від перших десятків метрів біля східної межі площі поширення до понад 4000 м (нижче рівня океану) на заході (рис. 1). У цьому ж напрямі потужність відкладів збільшується від 340 м до 1095 м [1].

© І.М. Куровець, Д.М. Дригант, П.М. Чепіль, П.С. Чепусенко, А.І. Шира, 2010

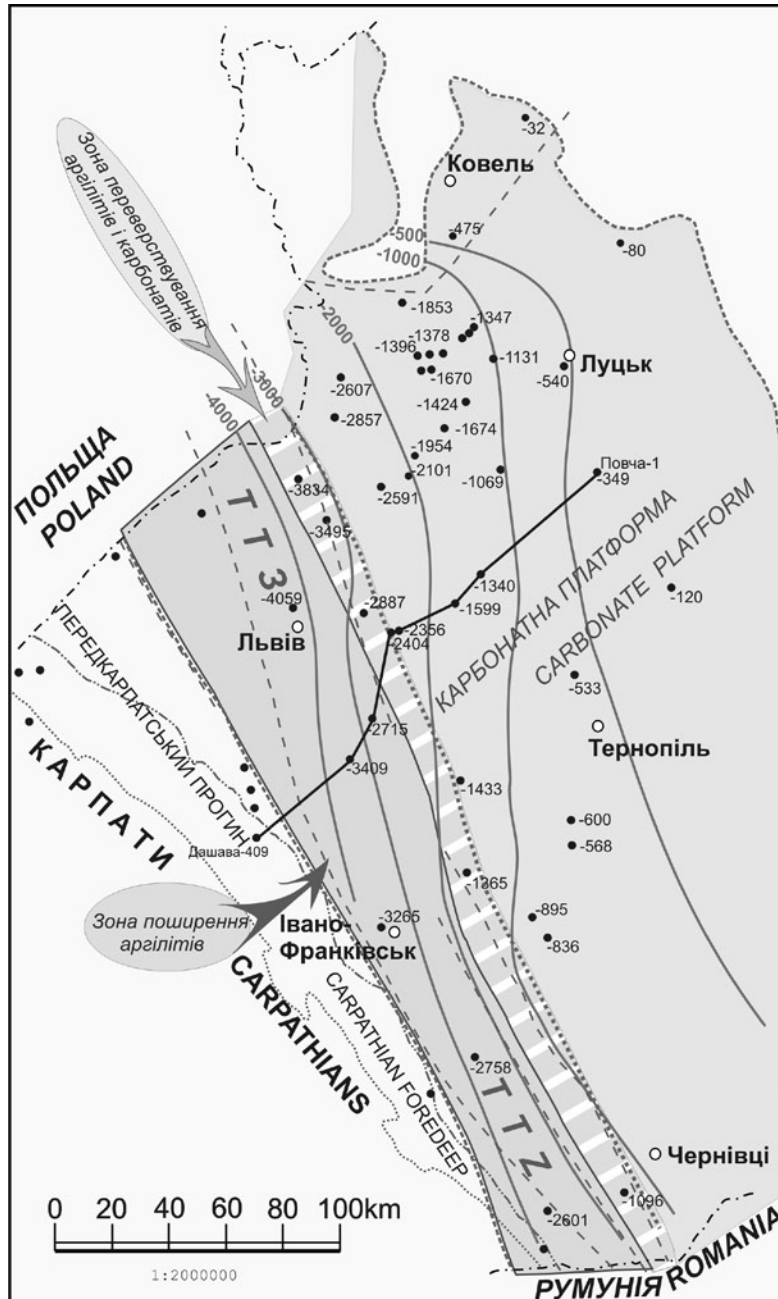


Рис.1. Глибина залягання підосви силуру (м нижче рівня моря)

Силурійський седиментогенез проходив в умовах периконтинентального палеобасейну із змінними палеогеографічними обстановками, у зв'язку з чим сформувалася поліфаціальна глинисто-карбонатна товща, складена набором лагунних, прибережно-морських, міліних (передрифових, біогермових, зарифових), відкритошельфових та схилових фацій. Однотипні за складом та походженням фації утворюють фаціальні зони більш-менш субмеридіонального простягання, проте їхнє розміщення і межі з часом змінювалися, а тому площі поширення подібних фацій на різних стратиграфічних рівнях не є однаковими і не збігаються. Закономірні пе-

реміщення фаціальних зон в ту чи іншу сторону відносно берегової лінії, пов'язані із змінами палеогеографічних обстановок, зумовили циклічність будови розрізу. Останнє дає змогу виділити регіональні кореляційні одиниці — горизонти, які досить чітко прослідковуються майже в усіх розрізах: китайгородський, баговицький, малиновецький і скальський. Фаціальні ряди (взаємне розміщення фаціальних зон у поперечних перетинах) у кожному з них однакові, оскільки вони формувалися за єдиною фаціально-седиментологічною моделлю, розробленою для силурійського палеобалтійського периконтинентального басейну Х. Нестором і Р. Ейнасто [6].

Від пізнього лландовері і до лудлову розріз силуру в усій Волино-Подільській ділянці палеобасейну формувався в умовах відносно стабільної палеотектонічної обстановки на платформі. Під кінець лудловського та у пржидольському віці режим седиментогенезу різко змінився — у західній частині палеобасейну (на захід від Устилуг-Рогатинської зони розломів) почалася інтенсивна субсиденція, зумовлена початком формування зони Тейсейра-Торнквіста (ТТЗ) у вигляді грабеноподібного авлакогену шириною до 50–70 км, що простягся від Північного моря до Чорного. На Прикарпатті до ТТЗ приурочене значне зростання (більше ніж у 3 рази) потужності відкладів силуру, представлених у фації граптолітових аргілітів, та нарощення розрізу нижнього девону у фаціях олд-реду (рис. 2). Аналіз карт розподілу ізопахіт і поширення фацій показує, що відкритошельфові фації прилягають із заходу до підніжжя бар'єра, який утворювали рифи, біогерми, зарості криноїдей або вали детритових осадів на межі лагуни й відкритого палеобасейну. Треба зазначити, що ріст органогенних побудов внаслідок інтенсивного руйнування їх та повільної субсиденції лише незначно випереджав швидкість осадонагромадження у передрифовій та зарифовій зонах, і тому вони не утворили тіл, які за потужністю перевищували б прилеглі ізохронні товщі. Зони розвитку різновікових рифових побудов у біль-

шій частині регіону не збігаються: на заході розміщена ранньоскальська (ісаковецького і пригородоцького часу), на сході — ранньомалиновецька; баговицька проходить приблизно посередині між ними.

Для утворень лагун характерне тонке чергування седиментаційних доломітів з домеритами; рідше зустрічаються вклинені в них прошарки органогенних вапняків, мертелів, аргілітів, гіпсів та ангідритів. Серед відкритошельфових і схилових фацій переважають мергелі, грудкуваті глинисті вапняки й аргіліти, причому глинисті порід збільшується у напрямі відкритого моря. Зона розвитку рифогенних утворень має досить складну і ще недостатньо вивчену будову. Характерна ознака зони — наявність потужних товщ вторинних доломітів, доломітизованих вапняків з численними рештками рифобудівних і рифолюбних організмів. Передрифові фації, що завершують фаціальний ряд шельфу, поширені у дещо ширшій смузі і складені масивними органогенно-детритовими вапняками з вклиненими в них глинистими вапняками та біогермами; зарифові — доломітизованими продуктами руйнування рифів, що чергуються з лагунними відкладами. Мілінні фації, зокрема шлейфові зернисті органогенно-детритові вапняки, чітко фіксують зону переходу від рифової зони до відкритого шельфу [7, 2]. На захід від мілінних відкладів у всіх горизонтах розміщена

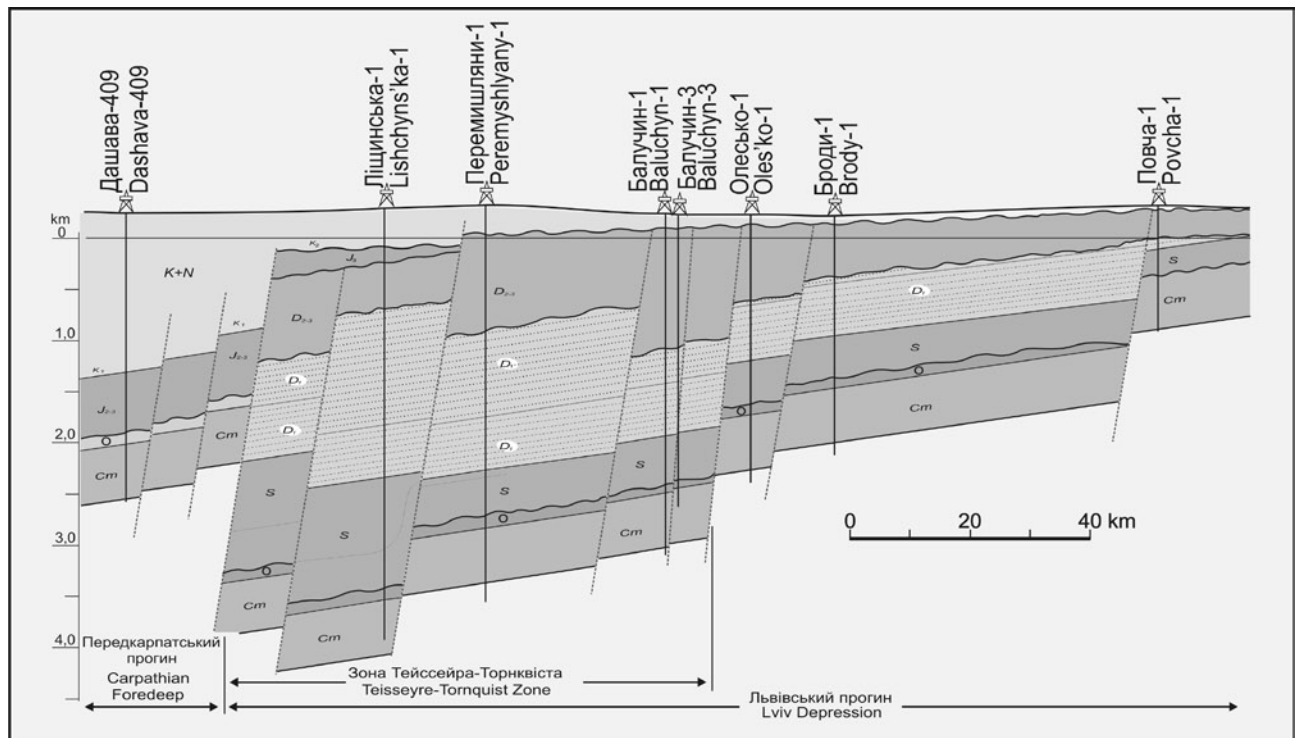


Рис.2. Геологічний перетин через Львівський та Передкарпатський прогини (Дашава-Повча)

значно ширша зона розвитку відкритоморських (відкритошельфових) фацій. Для них характерні ознаки: 1) глинисто-вапняний склад; 2) несортованість глинистих і зернистих компонентів; 3) однорідність товщ без вираженої верствуватості; 4) грудкувата текстура порід; 5) деяке збільшення потужності відкладів. У зоні поширені глинисті, глинисто-детритові вапняки та мергелі з характерною грудкуватою текстурою.

За даними фаціального аналізу відкладів та геофізичних характеристик розрізів свердловин у товщі силуру виділена низка трансгресивно-регресивних циклів регіонального значення: венлоцько-ранньолудловський, середньо-пізньолудловський і пізньолудловсько-пржидольський. Під час регресивних фаз важливу роль відігравали рифобудівні (каркасні) організми, які не тільки були постачальниками великої маси карбонатного детриту, але й створювали побудови типу біогермових і рифових масивів (баговицького, малиновецького, скальського).

Трансгресія у силурійському періоді свого апогею досягла у малиновецькому часі, коли майже у всьому регіоні сформувалася монотонна товща (близько 100 м) грудкуватих глинистих вапняків і мергелів відкритошельфової та перехідної зон. Такою самою за масштабом, але відносно короткочасною була й пізньоскальська (дзвенигородська) трансгресія.

Завершується фаціальний ряд відкладами зануреної частини материкового схилу, які поширені у четвертій фаціальній зоні і повністю складають розрізи силуру у центральній частині Львівського та в Передкарпатському прогині (у зоні Тейсейра-Торнквіста). Для них характерний винятково теригенний склад — це темно-сірі, майже чорні аргіліти, рідко трохи карбонатні, з поодинокими граптолітами та (в нижніх частинах розрізів) алевроліти. Потужності товщ граптолітових аргілітів значно перевищують потужності ізохронних глинисто-карбонатних та карбонатних відкладів. За даними літолого-петрографічного дослідження серед аргілітів за структурними і текстурними особливостями можна вирізнити кілька відмін: 1) аргіліти гідрослюдисті з включенням органічної речовини; 2) аргіліти шаруваті з пропластками алевролітів; 3) аргіліти гідрослюдисті алевролітисті з вуглефікованою органічною речовиною та піритом; 4) аргіліти тонкодисперсні масивні з включенням органічної речовини та піриту.

Типовий повний розріз глибоководних морських теригенних відкладів силуру із достатнім для аналізів відбором керну розкритий параметричною свердловиною Ліщинська-1 в інтервалі 2613–3537 м, що дозволило провести детальні мінералого-петрографічні, структурно-текстурні та петрофізичні дослідження. За результатами досліджень кернового матеріалу і аналізу даних ГДС його можна поділити на три частини.

У верхній частині розрізу (інт. 2613–2804 м) залягають аргіліти сірого кольору (рис. 3 А, В), подекуди перешаровані з алевролітами та з поодинокими тонкими пропластками (до 0,5 см) глинистих вапняків. Шаруватість їх неправильна, з ознаками внутрішньопластового зминання. На площинах нашарування наявні дрібні луски слюди, в алевролітах трапляються невеликі катуни аргілітів. Прошарки аргілітів помірно піритизовані. Поодинокі знахідки фауни представлені уламками черепашок брахіопод і пелеципод, стебел криноїдей, відбитками гіолітів. Аргіліти гідрослюдисті, шаруваті, зі структурами змучування та внутрішньопластового мікроперемиву, в окремих прошарках вапнисті, з переходом у глинистий мергель алевритистий. Текстура орієнтована завдяки наявності пластинок серициту. Наявний аутигенний кварц, який представлений зернами з лапчастими взаємопроростаннями, а також луски серициту. У вапнистих відмінах порід карбонат у вигляді мікрозернистих грудкуватих скупчень, забруднених пелітовою домішкою. Сліди перемиву трасуються дрібними гніздами та ланцюжками дрібних зерен кварцу. У шліфах трапляються скременілі скелети форамініфер (?) поганої збереженості, стінки яких заміщені дрібнозернистим кварцом, а внутрішні порожнини виповнені кальцитом з домішкою глинистих мінералів. Зразки керну з інтервалу глибини 2755–2804 м розбиті великою кількістю субвертикальних тріщин, заповнених кальцитом білого кольору (рис. 3 В).

Середня частина розрізу (інт. 2804–3020 м) складена аргілітами темносірого кольору, масивними, тонкодисперсними, горизонтальношаруватими, гідрослюдистими (рис. 3 С, D). На площинах наверствувачів спостерігається у незначній кількості органічна речовина та помірна піритизація. Пірит у вигляді дрібних зерен або тонких прожилків. Крім того, на площинах наверствувачів видно короткі (до 1–1,5 мм) відкриті мікротріщини.

Нижня частина розрізу силуру у свердловині (інт. 3020–3537 м) складена аргілітами чорного

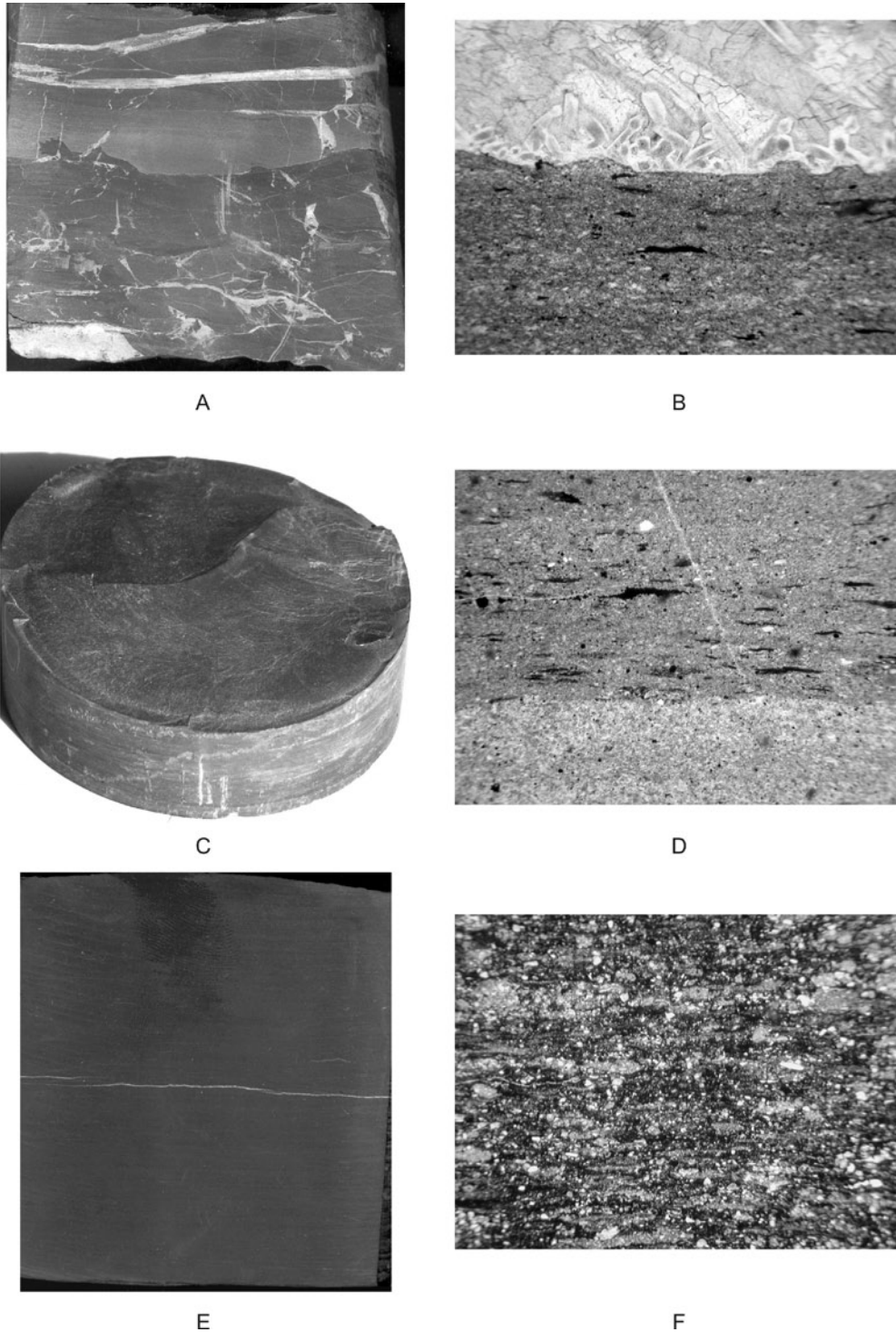


Рис.3. Породи силурійського віку (св. Ліщинська-1)

А — Перешарування аргіліта гідрослюдистого з алевролітом з системою субвертикальних та горизонтальних тріщин виповнених кальцитом та кварцом білого кольору, інт. гл. 2755–2804 м, Ø керна 78 мм;

В — Тріщина в аргіліті гідрослюдистому виповнена кварцом та кальцитом, інт. гл. 2800–2804 м, нік. І І, зб. 45;

С — Аргіліт масивний сірого кольору гідрослюдистий горизонтальношаруватий, інт. гл. 2998–3003 м, Ø керна 78 мм;

Д — Перешарування аргіліта гідрослюдистого з аргілітом, збагаченим розсіяною органічною речовиною у формі видовжених лусок, інт. гл. 2998–3003 м, нік. І І, зб. 45;

Е — Аргіліт масивний чорного кольору гідрослюдистий вуглистий горизонтальношаруватий, інт. гл. 3402–3406 м, Ø керна 78 мм;

Ф — Аргіліт гідрослюдистий лінзовидно-шаруваті структури з великою кількістю органічної речовини, інт. гл. 3402–3406 м, нік. І І, зб. 45

кольору, масивними, горизонтальномікрошаруватими, гідрослюдистими, лінзоподібношаруватої структури, збагачені великою кількістю вуглефікованої органічної речовини, що облямовує мікролінзочки гідрослюди (рис. 3 Е, F). У породі рівномірно розсіяна алевритова фракція.

Структурні та текстурні характеристики (коса шаруватість, зміна потужності прошарків алевролітів, грудкуватість) вказують на те, що відклади верхнього інтервалу розрізу формувалися у досить активному водному середовищі, а середньої та нижньої частин розрізу — в умовах відкритого спокійного палеобасейну (горизонтальна шаруватість, пелітова текстура).

За даними лабораторних петрофізичних досліджень відкрита пористість аргілітів змінюється в межах 0,6–2,4 %, і вони практично непроникні (менше  $0,001 \text{ мкм}^2 \cdot 10^{-3}$ ). Вміст карбонатного матеріалу сягає 20 %. Найменша об'ємна вага ( $2,64\text{--}2,70 \text{ г/см}^3$ ) характерна для

аргілітів із вмістом вуглефікованої речовини, а найбільша (2,75–2,8) — для аргілітів масивних гідрослюдистих з включеннями піриту. За даними ГДС розріз слабо диференційований, природна радіоактивність відкладів змінюється в межах 9–18 мкР/год, позірний електричний опір 20–154 Омм, інтервальний час поширення поздовжніх хвиль 126–365 мкс/м (рис. 4).

#### ВИСНОВКИ

Таким чином, літолого-петрофізичні властивості порід силурійського віку формувалися під впливом палеогеографічних умов седиментації і пізніших постседиментаційних перетворень. Внаслідок тривалої дії катагенетичних процесів теригенні відклади інтенсивно ущільнювались, набуваючи відносно великої об'ємної ваги і низьких для традиційних покладів газу ємкісно-фільтраційних властивостей. Враховуючи фактичні дані, можна дійти висновку, що для описаних відкладів силуру характерні всі ознаки

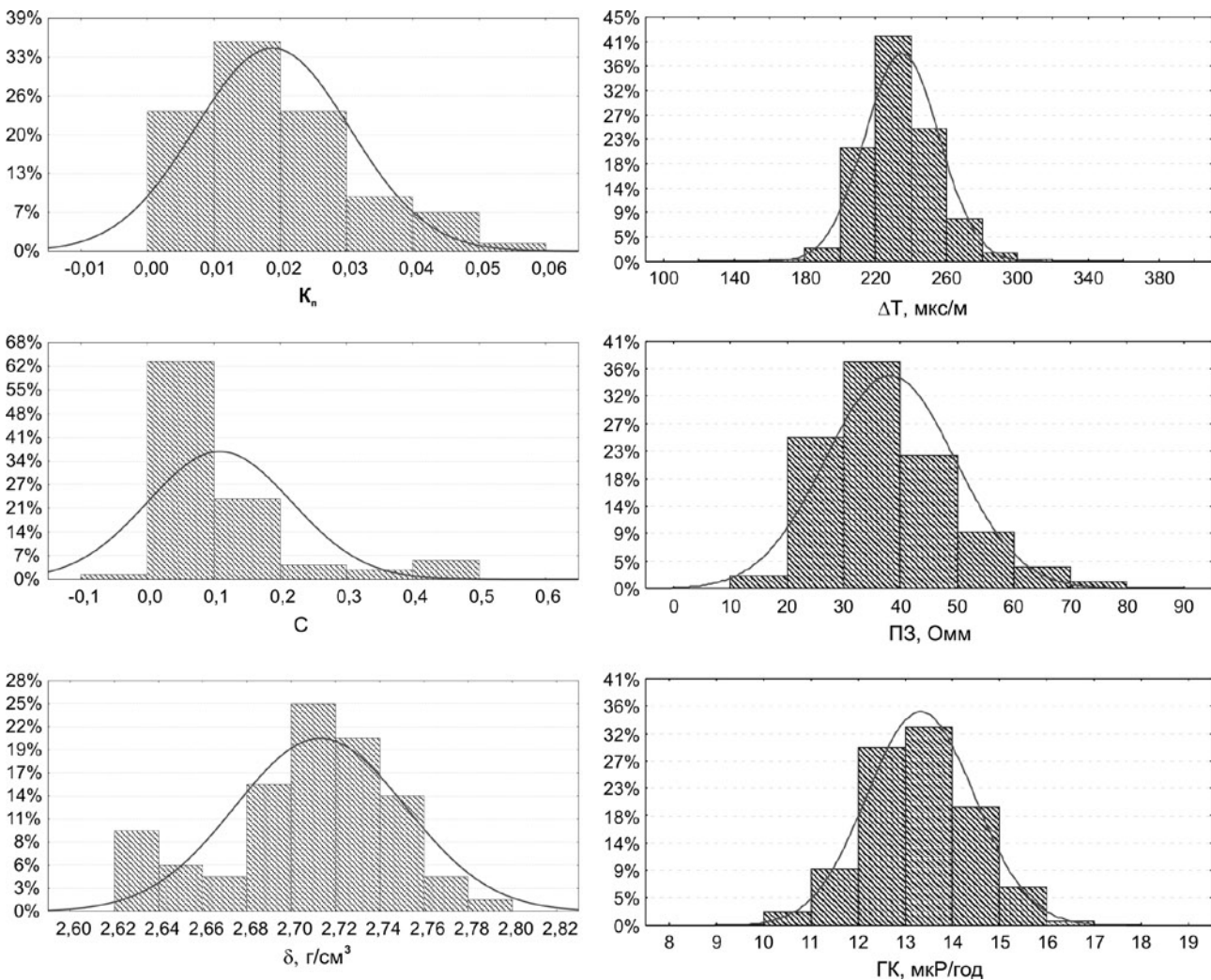


Рис.4. Гістограми петрофізичних параметрів для аргілітових порід силурійських відкладів

(глибини залягання, мінералого-петрографічні та петрофізичні властивості) товщ, перспективних для пошуків неконвекційних покладів газу, однак для їх успішного проведення необхідне виконання спеціальних геофізичних досліджень регіону та геохімічних досліджень органічної речовини, генетичного типу керогену, газогенераційного потенціалу.

1. *Дригант Д. М.* Девонські конодони південно-західної окраїни Східно-європейської платформи (Волино-Поділля, Україна). — Київ, 2010. — 100 с.
2. *Дригант Д. М.* Нижній і середній палеозой Волино-Подільської окраїни Східно-Європейської платформи та Передкарпатського прогину // *Наук. зап. ДПМ НАН України.* — 2000. — 15. — С. 24–129.
3. *Колтун Ю. В.* Еволюція чорносланцевих товщ та генерація вуглеводнів в межах давньої континентальної окраїни Тетісу (Українські Карпати та суміжні території) / *Сучасні проблеми літології і мінерагенії осадових басейнів України та суміжних територій: Зб. наук. пр.* — К.: Логос, 2008. — С. 87–92.
4. *Літолого-петрофізичні і мінералофлюїдологічні властивості відкладів силуру Львівського палеозойського прогину* / І. Куровець, І. Наумко, Г. Притулка, А. Шира, Ю. Шуфляк/ *Тези доп. наук. конф., присвяченої 65-річчю геологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка «Стан і перспективи сучасної геологічної освіти та науки», Львів, 13–15 жовтня 2010 р.* — Львів, Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010. — С. 115–117.
5. *Наумко І. М., Куровець І. М., Сахно В. Е., Чепусенко П. С.* Комплексування мінералофлюїдологічних і петрофізичних методів: нетрадиційний підхід до вивчення порід-колекторів вуглеводнів (на прикладі Львівського палеозойського прогину) / *Доп. Національної академії наук України.* — 2009. — № 1. — С.106–113.
6. *Нестор Х.Э., Эйнасто Р.Э.* Фациально-седиментологическая модель силурийского палеобалтийского периконтинентального бассейна. — *Фации и фауна силура Прибалтики.* — Таллин: Изд-во АН ЭССР, 1977. — С. 89–121.
7. *Эйнасто Р.Э., Котык В.А., Юшкевич В.И.* Формационная зональность в силурийских краевых бассейнах запада Русской платформы. — *Типы осадочных формаций нефтегазоносных бассейнов.* — М.: Наука, 1980. — С. 228–242.
8. *Lis P.* Upper Ordovician-Lower Silurian fine-grained sediments in the Podlasie-Lublin Basin // *Przegląd Geologiczny.* — 2010. — Т. 58 — №3. — S. 259–262.
9. *Poprawa P.* Shale gas hydrocarbon system — North American experience and European potential // *Przegląd Geologiczny.* — 2010. — Т. 58. — № 3. — S. 216–225.
10. *Potter P. E., Maynard J. B., Depetris P. J.* Mud & Mudstones: Introduction and Overview. — Springer, Berlin-Heidelberg. — 2005.

<sup>1</sup> — Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів

E-Mail: i.kurovets@gmail.com

<sup>2</sup> — Державний природознавчий музей НАН України, Львів

<sup>3</sup> — НАК “Нафтогаз України”, Київ

*Рецензент — чл.-кор. НАН України М.І. Павлюк*