

УДК 561.551.73(477.8)

## КАТАГЕНЕТИЧНІ ЗМІНИ НЕРОЗЧИННОЇ ДИСПЕРСНОЇ ОРГАНІКИ ЯК КРИТЕРІЙ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ ДЕВОНСЬКИХ І КАМ'ЯНОВУГІЛЬНИХ ВІДКЛАДІВ ВОЛИНО-ПОДІЛЛЯ

**А. Іваніна**

*Львівський національний університет імені Івана Франка,  
геологічний факультет, кафедра історичної геології та палеонтології,  
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005  
e-mail: ant\_iv@ukr.net*

Наведено всебічну характеристику головного органічного компонента осадових порід – керогену – нерозчинної дисперсної органічної речовини, складники якої визначені палинологічним методом у відкладах девону і карбону Волино-Подільської окраїни Східноєвропейської платформи вперше. Виконано діагностику мікрокомпонентів нерозчинної дисперсної органічної речовини, визначено склад, генетичний тип, характер зміни і ступінь катагенетичних перетворень дисперсної органіки, рівні термічної та геохімічної зрілості вмісних порід. Завдяки регіональному узагальненню результатів досліджень керогену виділено три зони за ступенем перетворення органіки: Західну, Центральну та Східну. Перша – Західна зона – з аномальним складом нерозчинної дисперсної органічної речовини, яка подібна до складу органічних компонентів нафтогазоматеринських товщ з вичерпаним потенціалом. Друга зона – Центральна – займає південно-східну ділянку Львівського прогину і має специфічний склад нерозчинної дисперсної органічної речовини, серед компонентів якої домінують фрагменти інертиніту, простежуються також ліптинітові елементи, однак поганої збереженості. Ступінь їхньої зміни відповідає головній фазі газоутворення. Третя зона – Східна – з нормальним виділенням нерозчинної дисперсної органічної речовини, складена компонентами гумусової і ліптинітової груп у різних співвідношеннях. Виявлені особливості поширення нерозчинної дисперсної органічної речовини є додатковим критерієм нафтогазоносності девонсько-кам'яновугільного комплексу порід Волино-Поділля.

*Ключові слова:* нерозчинна дисперсна органічна речовина, палинологічний метод, нафтогазоносність, девон, карбон, Волино-Поділля.

За осадово-міграційною теорією вуглеводні походять з дисперсної сингенетичної біоорганічної речовини осадів, яка під час діагенезу та катагенезу під впливом температури та тиску внаслідок геолого-тектонічних умов розвитку нафтогазоносних басейнів змінюється. Здатність осадових комплексів генерувати вуглеводні визначена генезисом, складом, вмістом і ступенем перетворення органічної речовини. Традиційно склалося, що в геохімії вуглеводнів детальніше досліджували переважно бітуміноїди. Нині не викликає сумнівів потреба вивчення для повної характеристики розсіяної органічної речовини нафтогазоперспективних комплексів як розчинної (бітуміноїди), так і нероз-

чинної її частин, головні форми якої переходять з живої, переважно рослинної речовини, в осад і далі через діагенез в осадову породу.

З кінця 60-х років XX ст. під час вивчення нафтогазоносності поряд з геохімічними методами застосовують палинологічний аналіз, завдяки якому досліджують головний органічний елемент осадових порід – нерозчинну дисперсну органічну речовину (НДОР), або кероген, компоненти якого утворені значно конденсованими складними карбоциклічними хімічно стійкими структурами і добре зберігаються у викопному стані. Класифікації, діагностика і компонентний склад НДОР наведені в численних працях, у яких складові НДОР за аналогією з вугіллям, морфологічними особливостями, походженням, характером консервації розділені на дві групи: гумусову (змінені рослинні залишки – вітриніт, інертиніт) і сапропелево-ліптинітову (незмінені – спори, пилок, акритархи, водорості, фрагменти тканин, аморфна речовина тощо). Склад НДОР залежить від складу материнських угруповань, фаціальних умов поховання та післяседиментаційних діа- і катагенетичних перетворень. За співвідношенням елементів визначають тип НДОР. Кожному генетичному типу НДОР властиві свої масштаби генерації і фазовий стан вуглеводнів. Гумусовий кероген продукує переважно газові вуглеводні, а сапропелевий – нафту.

Під час літогенезу з НДОР відбуваються еволюційні катагенетичні перетворення. Вона повільно деградує за реакцією конденсації [2], змінюються загальний баланс, біохімічний і таксономічний склад, фізико-хімічні властивості, забарвлення, погіршується збереженість, зазнають вуглефікування (до повного зникнення) сапропелево-ліптинітові елементи.

Визначено [4–7, 9–15], що колір мікрофітофосилій залежить від ступеня прогрівання вмісних порід, і є прямий кореляційний зв'язок між кольором, збереженістю, складом палиноморф і палеотемпературами, під впливом яких перетворювалась дисперсна органіка і визрівали вуглеводні. Певній стадії катагенезу відповідає певний колір палиноморф, який змінюється від світло-жовтого до чорного. Світлий колір відповідає низьким ступеням перетворення, чорні мікрофітофосилії свідчать про високий ступінь прогрівання (температури 200 °C і більше) вмісних порід. Виявлені закономірності зміни кольору палиноморф залежно від зміни палеотемператури дали змогу використовувати будь-які мікрофітофосилії (транзитні спори, пилок, акритархи, водорості, аморфну речовину) як індикатори катагенетичних перетворень органічної речовини. За тридцятирічний період (1967–1996) розроблено декілька шкал послідовної зміни забарвлення мікрофітофосилій, які ув'язані зі шкалою палеотемператур, показником відбиття вітриніту, стадією катагенезу, ступенем зрілості, нафтогазовим потенціалом вмісних порід [6, 7, 9–11, 13–15 та ін.]. Зокрема, визначено, що головній фазі нафтоутворення (так зване нафтове вікно) відповідають такі показники: колір мікрофітофосилій (визначений за модифікованою семибальною шкалою Ф. Степліна) з індексом 3–5 змінюється від темно-жовтого до темно-коричневого, показник відбиття вітриніту ( $R_0$ ) – 0,65–1,4 %, рівень термічних змін – від 3 до 5/6, палеотемператури – 65–170 °C; “газовому вікну” властиві: зміна забарвлення сапропелево-ліптинітових елементів від коричневого до чорного (індекси – 5–7),  $R_0$  – 0,8–3,0 %, рівень термічних змін – від 4/5–6/7, палеотемператури – 120–200 °C.

Завдяки порівнянню еталонних шкал і палинологічних показників конкретних розрізів отримуємо дані, які є головним і надійним інструментом для оптичного визначення генераційного потенціалу, ступеня термічної та геохімічної зрілості порід за палинологічними даними.

Наразі методика оптичного визначення типу органічної речовини та рівня її катагенетичного перетворення за складом органоматеріалу, збереженістю та кольором мікрофітофосилій викладена в численних працях [4–8, 16 та ін.]. Зазначимо, що склад, співвідношення компонентів, ступінь зрілості й стадію перетворення органічної речовини визначають на підставі традиційних палинологічних досліджень без додаткових витрат на спеціальне обладнання й технічну обробку зразків.

Упродовж тривалого часу ми в межах Волино-Подільської окраїни Східноєвропейської платформи (ВПО СЕП) вивчали НДОР у девонсько-кам'яновугільних відкладах. Це потужний (до 3 900 м) поліфаціальний комплекс різноманітних теригенних, карбонатних і, менше, сульфатних порід. Для досліджень зразки відбирали у всьому розрізі девону і карбону, з різних літологічних і фаціальних типів порід.

Головною метою досліджень є всебічний аналіз нерозчинної дисперсної органіки палинологічним методом для визначення вуглеводневого потенціалу девонсько-кам'яновугільного комплексу порід. Для досягнення мети вирішували такі завдання: діагностика мікрокомпонентів НДОР за такими візуально-оптичними параметрами, як будова, колір, збереженість, розмір; визначення за складом та співвідношеннями мікрокомпонентів структури та генетичного типу НДОР, ступеня катагенетичних перетворень дисперсної органіки, рівня термічної та геохімічної зрілості вмісних порід; узагальнення результатів досліджень для регіональної оцінки нафтогазоносності та виявлення перспективних ділянок і комплексів з оптимальними температурними умовами і високим вуглеводневим потенціалом.

Загалом досліджено 108 розрізів свердловин. Отриманий фактаж систематизовано і створено банк вихідних даних з оцінки нафтогазового потенціалу зазначених відкладів палинологічним методом. Узагальнені результати досліджень викладено нижче.

За складом, характером розподілу НДОР, ступенем збереженості й кольором палиноморф у межах Волино-Поділля виділено три зони (з заходу на схід): Західну – лінійно витягнуту, займає територію між Рава-Руським розломом (на заході) і Бутинь-Хлівчанською зоною розломів (на сході); Центральну на південному сході Львівського прогину (розширюється з північного заходу від Великих Мостів у напрямі площ буріння Глиняни); Східну – розміщену на північному сході в межах просто побудованого зовнішнього крила Львівського прогину.

**Діагностика мікрокомпонентів НДОР.** У девонсько-кам'яновугільних породах ВПО СЕП у складі НДОР визначено гумусові, ліптинітові й сапропелеві компоненти.

Гумусові елементи – безструктурні непрозорі вуглисті рештки: вітриніт коричневого, коричнево-червоного кольору на витонченому краї та інертиніт чорного кольору (табл. 1, фіг. 1–3). Елементи гумусової групи, особливо інертиніт, є найпоширенішими серед складових НДОР у кам'яновугільних відкладах. Інертиніт є компонентом усіх палиноспектрів і зафіксований у всіх фаціях. Поширення вітриніту контролюване такими фаціями: великі неправильно-прямокутні фрагменти у значній кількості властиві континентальним відкладам, у фаціях перехідної групи розміри, вміст вітриніту зменшуються, а в морських утвореннях його майже нема. Переважно вітриніт асоціює з інертинітом, проте в деяких літогенетичних типах він – єдиний представник гумусової групи. У девоні вуглисті рештки представлені лише дрібними уламками інертиніту. Значний вміст і домінування дрібних ізометричних чи видовжених гумусових елементів зареєстровано в розрізах свердловин Західної і Центральної зон Волино-Поділля.

Ліптинітові елементи – рослинного походження, з чітко вираженою морфологічною індивідуальністю, завдяки якій компоненти групи визначали таксономічно. Під час

палінологічних досліджень девонсько-кам'яновугільних відкладів ВПО СЕП до складу ліптинової групи зачислено: репродуктивні органи вищих судинних рослин – спори, фрагменти мегаспор, шматки покривних і провідних тканин наземних рослин (кутикули та трахеїди) і шматки епідермісу тварин (див. табл. 1, фіг. 3-5, 8).

Міоспори – найважливіша і найінформативніша складова НДОР. Важливе значення має ступінь насиченості міоспорами, і навіть сам факт їхньої наявності або відсутності має діагностичне значення. Вміст і склад міоспор зумовлені багатьма чинниками – ступенем еволюційного розвитку і поширеністю материнських рослин, тафономічними умовами поховання та рівнем катагенетичних перетворень вмісних порід. У девонсько-кам'яновугільному розрізі палінологічний матеріал надзвичайно масовий і політаксонний. Кількість таксонів у спектрах змінюється від 11 до 62. Однак поширені міоспори у розрізі нерівномірно: вони нечисленні в нижньому девоні, а з живету їхнє різноманіття і вміст поступово зростають, досягаючи максимуму в пізньовізейській час. Практично з усіх зразків середнього, верхнього девону та карбону Центральної та Східної зон виділені спори з сильним і середнім ступенем насиченості. У розрізах Західної ділянки ВПО СЕП у всьому розрізі девону і карбону ліптинітові елементи і, зокрема, міоспори не виявлені.

Під час палінологічних досліджень фіксували колір усіх мікрофосилій, проте за індикатори для визначення ступеня катагенетичних перетворень і палеотемператур обирали декілька панхронних міоспор з помірно товстою екзиною, що мають значне стратиграфічне і латеральне поширення, трапляються в значній кількості, з чіткою будовою, завдяки якій їх легко діагностувати в палінологічних препаратах. Серед міоспор це такі транзитні (поширені і в девоні, і в карбоні) роди, як *Retusotriletes*, *Granulatisporites*, *Lophotriletes*, *Acanthotriletes*, *Microreticulatisporites*, *Stenozonotriletes*. Хорошими індикаторами кольору в карбоні є масово поширені види *Cingulizonates bialatus* і *Lycospora pusilla*. Для середньо-верхньодевонських розрізів зміну забарвлення легко діагностувати у представників роду *Geminospora*. У разі, якщо спор нема, фіксували колір акритарх (роди *Hyrtellosphaeridium* і *Leiosphaeridium*, які поширені в силурі–карбоні) чи фрагментів аморфної речовини.

Колір міоспор змінюється від 2 до 7 за семибальною шкалою, що запропонована Л. Ровніною [4]. Світлозабарвлені оболонки (індекс 2) трапляються лише в морських фаціях карбону Східної зони досліджуваної території. У перехідних і континентальних фаціальних групах карбону та в девоні цієї частини території колір спор змінюється від жовтого до світло-коричневого і зафіксований індексами 3, 4. Виявлено зв'язок між типом пошкоджень міоспор та їхнім кольором. Усі міоспори з хіміко-біотичними пошкодженнями – темніші (з індексом 5–7). Їхній колір змінюється від світло-коричневого до чорного. Такі спори виявлені на всіх рівнях девонсько-кам'яновугільного розрізу Центральної зони ВПО СЕП (площі буріння Великі Мости, Оглядів, Стремінь, Добротвір тощо).

Кутикула утворює зовнішній шар епідермісу листя, стебел та інших органів наземних рослин, її легко діагностувати під мікроскопом завдяки клітинній будові (табл. 1, фіг. 3–5). Трахеїди – уривки провідних судин деревини, мають специфічне розташування пор, різну, переважно видовжену, форму, темно-коричневий або чорний колір, різний розмір – від крихт до 400 мк. Великі розміри й дещо підвищений вміст кутикул і трахеїд властиві континентальним фаціям карбону сходу району досліджень. У перехідних фаціях їхній розмір і вміст зменшуються, а в морських відкладах виявлено лише поодинокі дрібні фрагменти. У девонських відкладах фрагментів рослинних тканин

значно менше – вони зафіксовані лише в спектрах середнього і верхнього девону Східної ділянки.

Сапропелеві елементи представлені залишками аквальних організмів: водоростями (одноклітинними представниками нижчих рослин), проблематичними рештками (акритархами, хітинозоями, сколекодонтами) та аморфною речовиною. Акритархи значно поширені у відкладах тиверської серії, де є головними компонентами спектрів, і мало поширені у відкладах середнього девону–карбону.

У відкладах девону і карбону визначили поодинокі темно-коричневі й чорні фрагменти сколекодонтів (рештки щелеп морських черв'яків поліхетів) і хітинозой (проблематичні рештки неясного систематичного походження), які значно поширені у відкладах нижнього девону, майже не трапляються у відкладах середнього і верхнього девону й поодинокі у розрізах нижнього візе.

Гомогенна і гетерогенна аморфна речовина поширена повсюдно в різних кількостях, різного розміру і форми. Її колір однорідний або плямистий і змінюється в широкому діапазоні – від світло-жовтого до чорного. Її темні фрагменти візуально складно діагностувати. Світлі шматки аморфної речовини знайдено в розрізах девону і карбону сходу території, темніші й чорні – у Центральній і Західній зонах ВПО СЕП.

У розрізах девону, особливо в середньому та верхньому девоні, домінує ліптинітова речовина, у карбонових спектрах, навпаки, – гумусові елементи.

**Характеристика генетичних типів НДОР.** Структуру і генетичний тип НДОР визначали за складом, вмістом і співвідношеннями елементів гумусової, ліптинітової та сапропелевої груп. Загалом у відкладах виявлено чотири генетичні типи НДОР (табл. II).

Для гумусового типу характерне домінування конденсованих ароматичних вуглеводнів, збуднених воднем [2], він складений рослинними органічними мікрорештками наземного походження, серед яких переважають гумусові елементи. Наявні також фрагменти тканин і невелика або помірна кількість спор. У ньому виділено два підтипи – синседиментаційний, або первинний, утворений під час седиментогенезу, відображає вихідний склад органіки; післяседиментаційний (або вторинний) – утворений на стадії діа- і катагенетичних перетворень, його склад залежить від інтенсивності вторинних процесів, що призводять до зменшення участі (до повного зникнення) і погіршення збереженості сапропелево-ліптинітових елементів.

Сапропелевий тип НДОР збагачений воднем, складений аліфатичними і аліциклічними структурами у вигляді коломорфних форм (аморфна речовина) [2]. Морфологічно виражені рештки представлені мікрофітопланктоном, невеликою кількістю репродуктивних органів. Вуглисті рештки наявні в незначній кількості або їх нема.

Для сапропелево-ліптинітового типу характерне домінування спор, шматків тканин рослин, фрагментів аморфної речовини над гумусовими елементами. Змішаний тип – гумусово-сапропелевий – містить головні компоненти НДОР (спори, гумусові елементи, кутикули, трахеїди, мікрофітопланктон, аморфну речовину) приблизно в однаковій кількості.

У розподілі генетичних типів НДОР визначено такі тенденції. Загалом у розрізах переважає гумусовий тип. Друге місце за поширеністю посідає змішаний гумусово-сапропелевий тип, третє – сапропелево-ліптинітовий. Сапропелевий тип трапляється зрідка, лише у відкладах девону. У девонських відкладах поширений, особливо в Західній і Центральній зонах, гумусовий післяседиментаційний підтип. Синседиментаційний гумусовий підтип у девоні не визначений. У розрізах девону Східної частини ВПО СЕП типи НДОР одноманітні й представлені переважно сапропелево-ліптинітовим типом.

Для вугленосної формації карбону загалом характерне переважання вуглистих решток над елементами ліптинітової групи і, відповідно, домінування гумусового типу над іншими. У межах Західної ділянки ВПО СЕП у всіх спектрах визначений лише вторинний підтип гумусового типу, складений дрібними і середнього розміру вуглистими рештками. У Центральній зоні гумусовий післяседиментаційний підтип дещо іншого складу – у ньому переважають гумусові елементи, проте є невелика кількість погано збережених темного кольору ліптинітових елементів. У східних розрізах у континентальних відкладах однозначно переважає гумусовий синседиментаційний підтип, особливо в континентальних фаціях. У перехідних фаціях за переважання гумусового визначені гумусова-сапропелевий і сапропелево-ліптинітовий типи НДОР. У морських осадах карбону склад органіки більш одноманітний. Механічно деформовані, світлі (індекс 2–3), задовільної збереженості міоспори, переважаючи над іншими компонентами НДОР, утворюють сапропелево-ліптинітовий тип органічної речовини. Інертиніт є у вигляді крихт і дрібних фрагментів. Деколи зафіксовано підвищений вміст акритарх (до 30 %).

**Ступінь катагенетичних перетворень дисперсної органіки, рівні термічної та геохімічної зрілості вмісних порід.** Усі зазначені вище палеологічні параметри, отримані з розрізів свердловин, занесені в таблиці (наприклад, таблиці 1–4 для девонських відкладів Східної і Центральної зон ВПО СЕП). Вони є основою банку вихідних даних, порівнюванням їх з даними еталонних шкал визначали палеотемпературу, ступінь катагенетичного перетворення, рівень зрілості та вуглеводневий потенціал вмісних порід.

Склад НДОР, збереженість та колір ліптинітових елементів, особливості розподілу компонентів НДОР на площі й у розрізі девону і карбону ВПО СЕП свідчать про таке.

Більша частина НДОР девону та карбону ВПО СЕП, за винятком невеликих локальних ділянок сходу регіону, катагенетично змінена. Перетворення відбувалися в широкому діапазоні – від стадії метаморфізму ПК<sub>2</sub>, що відповідає буровугільній групі 02 стадії літогенезу (за [4, 5]), до МК<sub>5</sub> (антрацитова група V стадії літогенезу) та схарактеризовані показниками відбиття вітриніту (R°) від 0,33 до 2,21 %. Інтенсивність катагенетичних перетворювань зростала з глибиною та латерально зі сходу на захід. У глибині вторинні зміни зростали або поступово, лінійно (коли в межах одного розрізу зі збільшенням глибини метаморфізм збільшувався на одну стадію; наприклад, св. 1-Ліщинська, 1-Глиняни тощо), або циклічно – ділянки розрізу, що містять темніші мікрофосилії, чергуються з інтервалами, де вони світліші. Зокрема, у розрізі св. 1-Оглядів за переважання ліптинітових елементів коричневого кольору з індексом 5 визначено три ділянки (інт. 1 837–1 850, 2 135–2 182, 2 227–2 236 м) з інтенсивнішим забарвленням (індекс 6), які відокремлені одна від одної інтервалами зі світлішими ліптинітовими елементами (індекс 5). У св. 1-Загорів відклади інт. 1 243–1 248 м містять темніші палеоморфи (індекс 5). Унизу й угорі розрізу визначено ліптинітові елементи темно-жовтого кольору з індексом 4. Подібна зміна забарвлення зафіксована й у св. 1-Літовеж – частина розрізу з темнішими мікрофітофосиліями (з індексом 5; інт. 1 907–1 910 та 2 100–2 106 м) перекрита і підстелена відкладами, що містять світліші темно-жовті ліптинітові елементи. Циклічність зміни кольору і, без сумніву, циклічність катагенезу – явище наразі мало вивчене, яке може свідчити про складну післяседиментаційну історію локальних ділянок, наявність перерв у розрізах і залежати від фаціального складу відкладів та вихідної органіки.

Таблиця 1

Характеристика компонентного складу та типів НДОР Східної зони  
(на прикладі розрізу св. 24-Ренів)

Інтервал, м	Вік	Ступінь концентрації НДОР	Склад НДОР									Тип НДОР
			Гумусові елементи				Сапропелево-ліптинітові елементи					
			інертиніт		вітриніт		акритархи	спори	тканини	проблемагіка	аморфна речовина	
			вміст	розмір	вміст	розмір						
212	Середній девон	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	С-Л
237		++	-	-	-	-	-	-	-	-	++	С
239		++	++	в	-	-	-	+	-	-	+	Г
245		+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	С
253		++	++	д	-	-	+	+	-	-	+	Г-С-Л
299	Нижній девон, дністровська серія	+	+	д	-	-	-	-	-	-	+	Г-С-Л
320		+	+	д	-	-	-	-	+	-	-	С-Л
352		++	-	-	-	-	-	-	-	+	+	С?
380		++	++	д	-	-	+	++	+	-	-	Г-С-Л
382		++	+	в	+	в	+	++	+	-	-	С-Л
384		+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	С
385		++	++	д	++	д	-	++	-	-	-	Г-С-Л
388		+	-	-	-	-	-	-	+	-	++	С
389		++	-	-	-	-	-	+	+	++	-	С-Л
422		++	+	д	-	-	+	+	+	-	-	Г-С-Л
437	Нижній девон, тиверська серія	++	-	-	-	-	-	++	-	++	-	С-Л
446		+	+	д	-	-	-	+	+	-	-	Г?
457		+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	С-Л
476		+	+	д	-	-	+	+	+	-	-	Г-С-Л
490		++	-	-	-	-	++	+	+	++	-	С-Л

Примітка. Вміст елементів НДОР: + – мало; ++ – помірно; +++ – багато; – компонентів нема. Розмір елементів НДОР: д – дрібні; с – середнього розміру; в – великі. Тип НДОР: С – сапропелевий; С-Л – сапропелево-ліптинітовий; Г-С-Л – гумусово-сапропелево-ліптинітовий; Г – гумусовий.

Таблиця 2

Характеристика рівня катагенетичних змін НДОР Східної зони  
(на прикладі розрізу св. 24-Ренів)

Інтервал, м	Вік	Індекс кольору мікрофітофосилів	Показник відбиття вітриніту R <sub>o</sub> , %		Рівні літифікації осадових порід			Рівень генерації вуглеводнів		Палеотемператури		Рівень геохімічної зрілості осадових порід, за [6]
			за [8]	за [3]	група	стадія метаморфізму	стадія літогенезу	фаза, за [3]	зона, за [12]	за [4]	за [15]	
212	Середній девон	4	0,7–0,8	0,5	ДП	I	МК1	Н	НГ	100–150	65–80	II
237		4	0,7–0,8	0,5	ДП	I	МК1			100–150	65–80	
239		4	0,7–0,8	0,5	ДП	I	МК1			100–150	65–80	
245		4	0,7–0,8	0,5	ДП	I	МК1			100–150	65–80	
253		4	0,7–0,8	0,5	ДП	I	МК1			100–150	65–80	
299	Нижній девон, дністрівська серія	4	0,7–0,8	0,5	ДП	I	МК1	Н	НГ	100–150	65–80	
320		4	0,7–0,8	0,5	ДП	I	МК1			100–150	65–80	
352		4	0,7–0,8	0,5	ДП	I	МК1	Н	НГ	100–150	65–80	
380		4	0,7–0,8	0,5	ДП	I	МК1			100–150	65–80	
382		4	0,7–0,8	0,5	ДП	I	МК1			100–150	65–80	
384		4	0,7–0,8	0,5	ДП	I	МК1			100–150	65–80	
385		4	0,7–0,8	0,5	ДП	I	МК1			100–150	65–80	
388		4	0,7–0,8	0,5	ДП	I	МК1			100–150	65–80	
389		4	0,7–0,8	0,5	ДП	I	МК1			100–150	65–80	
422		4	0,7–0,8	0,5	ДП	I	МК1			100–150	65–80	
437	Нижній девон, тиверська серія	5	1,2	0,65–0,85	ГЖ	II–III	МК2–МК3	НГ		150	80–120	3
446		4	0,7–0,8	0,5	ДП	I	МК1			Н	НГ	100–150
457		4	0,7–0,8	0,5	ДП	I	МК1	100–150	65–80			
476		4	0,7–0,8	0,5	ДП	I	МК1	100–150	65–80			
490		5	1,2	0,65–0,85	ГЖ	II–III	МК2–МК3	НГ		150	80–120	3

Примітка. Вугілля: ДП – довгополуменеве, Г – газове, Ж – жирне, К – кокс. Рівень генерації вуглеводнів: Н – нафтоутворення; НГ – нафтогазоутворення. Рівень геохімічної зрілості осадових порід: II – перехідна до зрілої, ранньозріла; 3 – зріла.

Діапазон палеотемператур, під дією яких відбувались катагенетичні зміни порід, широкий – від 30 до 200 градусів і більше. Рівень термічних змін нарастає зі сходу на захід і змінювався від 2 до 6/7 і більше.



Латеральні зміни рівня катагенезу НДОР контрастніші. На сході катагенетичні перетворення порід девонсько-карбонового розрізу є на початкових стадіях (ПК<sub>1</sub>–МК<sub>1</sub>), що відповідає 01–I стадіям літогенезу і Ro = 0,33–0,76 %. У центральній частині (свердловини площ буріння Великі Мости, Стремінь, Добротвір тощо) рівень катагенезу значно вищий. Тут визначено катагенетичні стадії МК<sub>4</sub>–АК<sub>1</sub> або стадії IV, V літогенезу, для яких характерним є Ro = 1,32–2,21 %. На заході серед складових НДОР ліптинітових елементів нема. Тут поширений лише вторинний гумусовий підтип НДОР. Зникнення ліптинітових елементів свідчить, що тут відбувались метагенетичні зміни органіки під впливом значних температур.

Таблиця 3

Характеристика компонентного складу та типів НДОР Центральної зони  
(на прикладі розрізу св. 30-Великі Мости)

Інтервал, м	Стратиграфічний діапазон	Ступінь концентрації НДОР	Склад НДОР							Тип НДОР
			Гумусові елементи				Сапропелєво-ліптинітові елементи			
			інертиніт		вітриніт		спори	проблематика	аморфна речовина	
			вміст	розмір	вміст	розмір				
2 190–2 193	Середній девон	+++	++	д	-	-	++	-	+	Г-С-Л
2 193–2 197		+	+	д	-	-	-	-	-	Г
2 215–2 218		+++	++	д	-	-	++	-	+	Г-С-Л
2 311–2 316		++	++	д	-	-	+	-	+	Г-С-Л
2 415–2 419	Нижній девон, дністровська серія	++	+	д	-	-	-	++	-	Г?
2 422–2 426		+	+	д	-	-	-	-	-	Г
2 500–2 503		++	++	д	-	-	-	-	+	Г
2 711–2 715		+++	++	д	-	-	-	++	+	Г-С-Л
2 800–2 803		++	++	д	-	-	-	-	+	Г
2 807–2 811		++	+	д	-	-	-	++	-	Г?
2 930–2 934		++	+	д	-	-	-	++	-	Г?
3 400–3 403		++	+	д	-	-	-	-	-	Г
3 479–3 483		+	+	д	-	-	-	-	-	Г

Примітка. Вміст елементів НДОР: + – мало; ++ – помірно; +++ – багато; – компонентів нема. Розмір елементів НДОР: д – дрібні. Тип НДОР: Г-С-Л – гумусово-сапропелєво-ліптинітовий; Г – гумусовий.

За ступенем геохімічної зрілості в розрізах девону і карбону ВПО СЕП визначено такі категорії порід: незрілі (мало поширені – визначені лише на локальних ділянках

кам'яновугільного розрізу сходу регіону), перехідні до зрілих (поширені і в девоні, і в карбоні, займають крайні східні ділянки Волино-Поділля (свердловини площі Горохів, Тихотин, Ренів)), зрілі, перехідні до перезрілих (поширені на значній території) і перезрілі (визначені на заході – свердловини площ буріння Любеля, Дубляни, Крехів, Нестерів тощо).

За палінологічними даними, відклади девону і карбону загалом (за винятком заходу і крайнього сходу) перспективні на традиційні вуглеводні. На більшій частині регіону рівень катагенетичних змін відповідає головним фазам нафто- і газоутворення.

Таблиця 4

Характеристика рівня катагенетичних змін НДОР Центральної зони (на прикладі розрізу св. 30-Великі Мости)

Інтервал, м	Вік	Індекс кольору мікрофітофосилій	Показник відбиття вітриніту Ro, %		Рівні літифікації осадових порід			Рівень генерації вуглеводнів		Палеотемператури		Рівень геохімічної зрілості осадових порід, за [6]	
			за [8]	за [3]	за [4]		за [3]	Рівень генерації вуглеводнів	за [4]	за [15]			
					група	стадія метаморфізму					стадія літогенезу		фаза, за [3]
2 190–2 193	Средній девон	6	1,5–2,0	1,15–1,71	К	IV	МК4	Г	200	120–150	ПП		
2 193–2 197		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
2 215–2 218		6	1,5–2,0	1,15–1,71	К	IV	МК4	Г	200	120–150	ПП		
2 311–2 316		6	1,5–2,0	1,15–1,71	К	IV	МК4		200	120–150			
2 415–2 419		6	1,5–2,0	1,15–1,71	К	IV	МК4		200	120–150			
2 422–2 426	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
2 500–2 503	Нижній девон, дієт-ровська серія	6	1,5–2,0	1,15–1,71	К	IV	МК4	Г	200	120–150	ПП		
2 711–2 715		6	1,5–2,0	1,15–1,71	К	IV	МК4		200	120–150			
2 800–2 803		6	1,5–2,0	1,15–1,71	К	IV	МК4		200	120–150			
2 807–2 811		6	1,5–2,0	1,15–1,71	К	IV	МК4		200	120–150			
2 930–2 934		6	1,5–2,0	1,15–1,71	К	IV	МК4		200	120–150			
3 400–3 403		-	-	-	-	-	-		-	-		-	-
3 479–3 483		-	-	-	-	-	-		-	-		-	-

Примітка. Вугілля: К – кокс. Рівень генерації вуглеводнів: Г – газоутворення. Рівень геохімічної зрілості осадових порід: ПП - перехідна до перезрілої.

Регіональне узагальнення отриманих палінологічних даних і визначення рівня катагенетичних перетворень засвідчило, що за ступенем термічної і геохімічної зрілості девонсько-кам'яновугільних відкладів ВПО СЕП, оцінку якої виконано палінологічним методом уперше, територія Волино-Поділля – неоднорідна. Західна зона – з аномальним складом органічної речовини (табл. II, фіг. 1), який найбільше подібний до складу органічних компонентів нафтогазоматеринських товщ з вичерпаним потенціалом (перезрілих товщ). Інтенсивні післяседиментаційні перетворення органічної речовини відбува-

лись за температур понад 200°C, які, швидше за все, призвели до значних змін дисперсної органіки – її механічного дроблення, знищення ліптинітових елементів, руйнування органічних молекул, і до активної міграції вуглеводнів. Центральна зона – зі специфічним складом НДОР (див. табл. II, фіг. 2). Рівень катагенетичних перетворень НДОР відповідає стадіям МК<sub>4</sub>–МК<sub>5</sub> або стадіям IV, V літогенезу, для яких характерним є Ro = 1,32–2,21 %, рівень термічних змін – 5–6/7, палеотемператури – 120–200°C. За ступенем термічної і геохімічної зрілості тут поширені товщі, перехідні до перезрілих (домінують у розрізах), і перезрілі. Ступінь їхньої зміни відповідає головній фазі газоутворення. Східна зона – з нормальним виділенням НДОР (див. табл. II, фіг. 3, 4), оптимальна для пошуків вуглеводнів. Катагенетичні перетворення порід девонсько-карбонів розрізу є на початкових стадіях (ПК<sub>1</sub>–МК<sub>1</sub>), що відповідає 01–I стадіям літогенезу і Ro = 0,33–0,76 %, і свідчать про оптимальні умови формування покладів вуглеводнів. У розрізах поширені переважно зрілі товщі, перспективні як на газ, так і на нафту. Детальна характеристика НДОР виділених зон наведена в [1].

Отже, уперше для девону та карбону ВПО СЕП за численними палинологічними даними визначено склад, генетичний тип, характер зміни і ступінь перетворення НДОР конкретних розрізів, зроблено регіональне узагальнення результатів досліджень. Склад НДОР, ступінь її перетворення, особливості поширення є індикаторами геохімічної зрілості порід та додатковим критерієм нафтогазоносності, вони важливі під час оцінювання вуглеводневого потенціалу відкладів. За палинологічними препаратами, які використовують у традиційних спорово-пилкових дослідженнях, без особливих затрат часу, отримують комплексну інформацію про склад, тип, генезис НДОР, інтенсивність післяседиментаційних перетворень і стратиграфічне положення вмісних відкладів.

Палинологічний метод можна успішно застосовувати в нафтогазовій геології, він повинен стати обов'язковим видом аналізу перспективних комплексів, оскільки дає важливу інформацію про породи, що містять вуглеводні. Подібні дослідження для ВПО СЕП виконані вперше і потребують як подальшого розвитку, так і зіставлення з даними геохімічних досліджень.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Іваніна А. В. Нерозчинна дисперсна органіка як показник нафтогазоносності девонсько-кам'яновугільних відкладів Волино-Поділля / А. В. Іваніна // Палеонол. зб. – 2003. – № 35. – С. 56–61.
2. Корчагина Ю. И. Методы исследования рассеянного органического вещества осадочных пород / Ю. И. Корчагина, О. П. Четверикова. – М. : Недра, 1976.
3. Неручев С. Г. О шкале катагенеза в связи с нефтеобразованием / С. Г. Неручев, Н. Б. Вассоевич, Н. В. Лопатин // Горючие ископаемые. – М.: Наука, 1976. – С. 78–98.
4. Ровнина Л. В. Определение исходного типа и уровня катагенеза рассеянного органического вещества палинологическим методом: методическое руководство / Л. В. Ровнина. – М., 1984. – 19 с.
5. Ровнина Л. В. Рассеяное нерастворимое органическое вещество или кероген / Л. В. Ровнина // Методические аспекты палинологии. – М.: Недра, 1987. – С. 185–194.

6. Batten D. J. Use of transmitted light microscopy of sedimentary organic matter for evaluation of hydrocarbon source potential / D. J. Batten // Proc. 4th International Palynological Conference. Luckhow, 1976–1977. –1980. – N 2. – P. 589–594.
7. Batten D. J. Palynofacies, organic maturation and source potential for petroleum / D. J. Batten // Organic maturation studies and fossil fuel exploration. – London : Academic Press, 1981. – P. 201–223.
8. Batten D. J. Palynofacies and petroleum potential / D. J. Batten // Palynology: principles and applications. – AASP Foudation, 1996. – Vol. 3. – P. 1065–1084.
9. Correia M. Relation possibles entre l'état de conservation des elements figures de la matiere organique (microfossiles palynoplanctologiques) et l'existence de gisements d'hydrocarbures / M. Correia // Revue de L'Institut Francais du Petrole. – 1967. – N 22. – S. 1285–1306.
10. Correia M. Diagenesis of sporopollenin and other comparable organic substances: application to hydrocarbon research / M. Correia // Sporopollenin. – London : Academic Press, 1971. – P. 569–620.
11. Fisher M. J. Organic maturation and hydrocarbon generation in the Mesozoic sediments of the Sverdrup Basin, Arctic Canada / M. J. Fisher, P. C. Barnard, B. S. Cooper // Proc. 4th International Palynological Conference, Luckhow, 1976–1977. – 1980. – N 2. – P. 581–588.
12. Gaupp R. Maturation of organic matter in Cretaceous strata of the Northern Calcareous Alps / R. Gaupp, D. J. Batten // Neues Jahrbuch fur Geologie und Palaontologie, Monatshefte. – 1985. – N 3. – P. 157–175.
13. Jones T. P. Microscopic observations of kerogen related to geochemical parameters with emphasis on thermal maturation / T. P. Jones, T. A. Edison // Symposium of geochemistry : low temperature metamorphism of kerogen and clay minerals. The Pacific Section. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. – 1978. – P. 1–12.
14. Staplin F. L. Sedimentary organic matter, organic metamorphism and oil and gas occurrence / F. L. Staplin // Bull. Can. Petrol. Geol. – 1969. – N 17. – P. 47–66.
15. Staplin F. L. Interpretation of thermal history from colour of particulate organic matter – a review / F L. Staplin // Palynology. – 1977. – N 1. – P. 9–18.
16. Tyson R. V. Sedimentary organic matter. Organic facies and palynofacies / R. V. Tyson. – London : Chapman, Hal, 1995.

*Стаття: надійшла до редакції 29.02.2016  
прийнята до друку 19.09.2016*

## CATAGENETIC CHANGES OF INSOLUBLE DISPERSED ORGANICS AS OIL AND GAS BEARING CAPACITY CRITERIA OF DEVONIAN AND CARBONIFEROUS OF VOLYN-PODILLIA

A. Ivanina

*Ivan Franko National University of Lviv,  
geological faculty, department of historical geology and paleontology,  
4, Hrushevskij Str., Lviv, Ukraine, 79005  
e-mail: ant\_iv@ukr.net*

The all-round characteristic of the main organic component of sedimentary rocks – kerogen – insoluble dispersed organic (IDO) whose components are defined by palynological method in Devonian and Carboniferous of the Volyn-Podillia margin of the East-European platform is singled out at first. IDO microcomponents diagnosis are done, the composition, genetic types, nature and extent of catagenetic changes of dispersed organic transformations, the degree of maturation and thermal alteration of inclosing rocks. Through regional generalization of kerogen research and by the transformation degree of organic matter three zones are singled out: Western, Central and Eastern and their oil and gas capacity are determined. The first – the Western – with the anomalous composition of IDO. It is very much alike to the composition of organic components of oil-gas-source rock masses with the exhausted potential. The second zone – the Central – occupies the southeastern part of the Lviv deep and is characterized by the substantial content of IDO, among which at inertinite dominating also liptinite elements are observed, but with very bad preservation. The degree of their change corresponds with the basic phase of gas generation. The third zone – the Eastern – with the normal singling out of IDO, which is represented by the elements of humus and liptinite groups in the different ratios. Preservation and color correspond with the basic phase of oil generation. The established peculiarities of IDO distribution can serve as an additional criterion of Volyn-Podillia Devonian-Carboniferous complex oil-and-gas-bearing capacity. Insoluble dispersed organic, palynological method, oil and gas capacity, Devonian, Carboniferous, Volyn-Podillia.

### ПОЯСНЕННЯ ДО ТАБЛИЦЬ

#### Таблиця 1

Фіг. 1, 2. Гумусові елементи ( $\times 400$ ): 1 – великі фрагменти інертиніту, інт. 425–428 м, св. 5 490-Ковель, нижній карбон; 2 – великий фрагмент вітриніту, інт. 647–650 м, св. 9 943 – поле шахти Червоноградська-2, нижній карбон.

Фіг. 3. Фрагменти покривних тканин вищих рослин ( $\times 400$ ), інт. 536–537 м, св. 9 943 – поле шахти Червоноградська-2, нижній карбон.

Фіг. 4, 5. Фрагменти провідних тканин вищих рослин ( $\times 400$ ): 4–141 м, св. 24-Ренів, середній девон; 5 – інт. 831–835 м, св. 1-Літовеж, верхній девон.

Фіг. 6, 7. Сапропелеві компоненти – акритархи ( $\times 600$ ): 6 – 490 м, св. 24-Ренів, нижній девон; 7 – інт. 860–864 м, св. 1-Волиця, верхній девон.

Фіг. 8. Ліптинітові елементи – спори ( $\times 600$ ), 418 м, св. 5 490-Ковель, нижній карбон.

Таблиця II

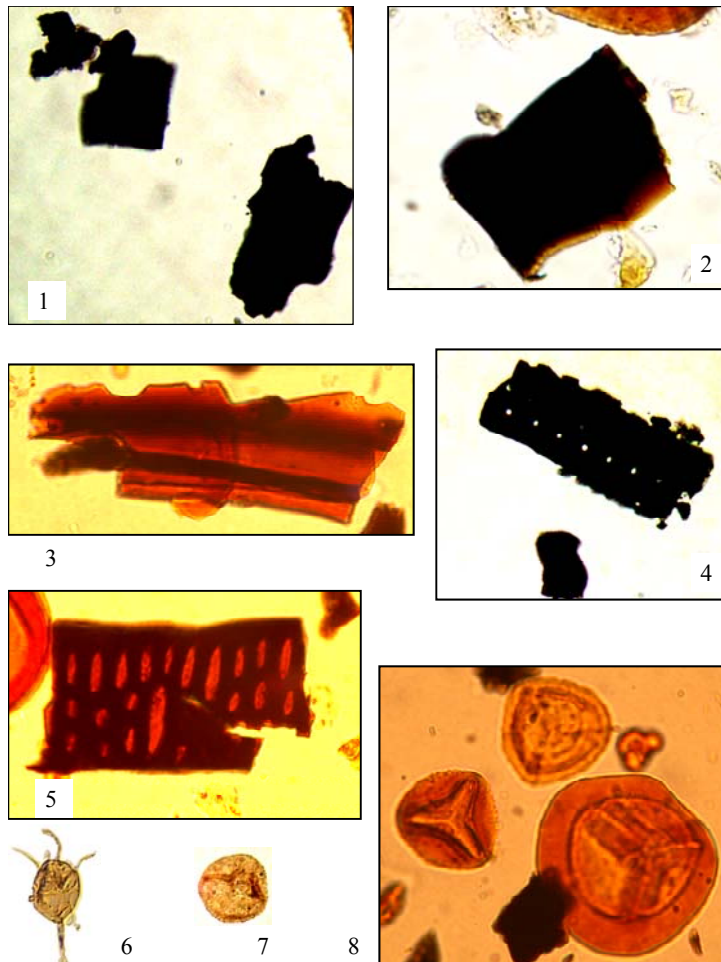
Фіг. 1. НДОР перезрілих осадових комплексів Західної зони, інт. 4 378–4 381 м, св. 4-Дубляни, нижній девон.

Фіг. 2. Тип НДОР осадових комплексів перехідних до перезрілих Центральної зони: інт. 2 613–2 618 м, св. 30-Великі Мости, середній девон.

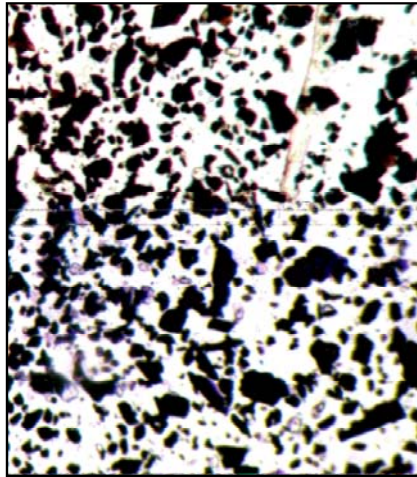
Фіг. 3, 4. Тип НДОР зрілих осадових комплексів Східної зони: 5 – інт. 596–601 м, св. 1-Тихотин, середній девон; 6 – інт. 723–726 м, св. 1-Лудин, нижній карбон.

Фіг. 1–4 –  $\times 200$ .

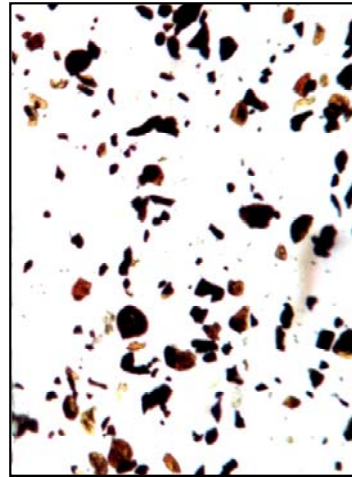
Таблиця I



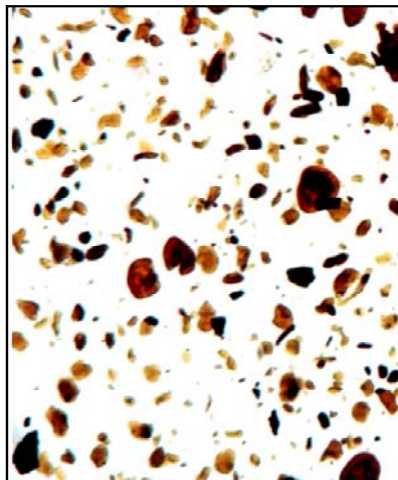
Таблиця II



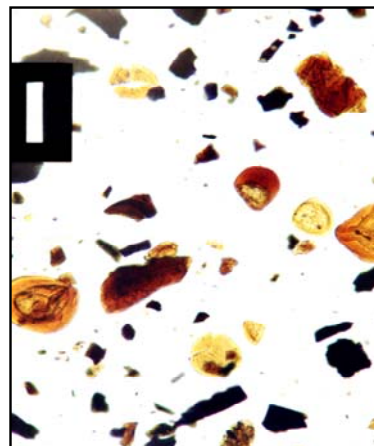
1



2



3



4