

ЛІТОГЕНЕЗ ТЕРИГЕННИХ ПОРІД ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ФІЛЬТРАЦІЙНО-ЄМНІСНІ ВЛАСТИВОСТІ НИЖНЬОКАМ'ЯНОУГІЛЬНИХ КОЛЕКТОРІВ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ

LITHOGENESIS OF TERRIGENOUS ROCKS AND ITS INFLUENCE ON FILTRATION-CAPACITY PROPERTIES OF LOWER CARBON RESERVOIRS IN THE CENTRAL PART OF THE DNIEPER-DONETS BASIN

Л. І. Стрижак¹, М. В. Алексєєнкова¹, В. П. Стрижак²

Liudmyla I. Stryzhak¹ Maryna V. Aleksieienkova¹ Vasyl P. Stryzhak²

¹ Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, 55-b O. Honchara Str., Kyiv, Ukraine, 01601
(l.litology@gmail.com)

² «Dionis Lain» Ltd (LSS) Olzhycha str., Kyiv, Ukraine, 04060 (chgeol@ukr.net)

На основі літолого-петрографічних досліджень керна матеріалу 28 свердловин Срібненської депресії (центральна частина Дніпровсько-Донецької западини) виявлено літогенетичні перетворення, що відбуваються в глибокозанурених (понад 5000 м) пісковиках нижнього карбону. За характером структурних та мінералогічних перетворень встановлено вторинні (постседиментаційні) процеси літогенезу теригенних порід-колекторів вуглеводнів і виявлено їх вплив на колекторські властивості. З'ясовано характер зв'язків між мінеральними новоутвореннями та колекторськими властивостями продуктивних пісковиків глибокозалягаючих горизонтів ДДЗ. Проведено детальний літогенетичний аналіз всіх аутигенних та уламкових мінералів теригенних порід як індикаторів стадій катагенезу та встановлено вплив кожного з них на фільтраційно-ємнісні властивості порід.

Ключові слова: Дніпровсько-Донецька западина; нижньокам'яноугільні відклади; пісковики; літогенез теригенних порід.

Based on lithological and petrographic studies of the core material of 28 wells of the Sribne Depression (central part of the Dnieper-Donetsk depression) studies showed the lithogenetic transformations occurring in deeply submerged (more than 5000 m) sandstones of the Lower Carboniferous. It was detected by the nature of structural and mineralogical transformations that secondary (post-sedimentation) processes of lithogenesis of terrigenous hydrocarbon reservoir rocks have been established. Also the influence on reservoirs properties has been revealed. Revealed causal relationships between mineral new formations and reservoir properties of productive sandstones of deep-lying horizons of the Dnieper-Donetsk Depression. It was found that authigenic minerals were formed as a result of fluid lithogenesis in the "fluid-rock" system. A detailed lithogenetic analysis of all authigenic and detrital minerals as indicators of the stages of catagenesis was carried out, and the influence of each of them on the filtration-capacity properties of rocks was detected. A detailed lithogenetic analysis of all authigenic and detrital minerals of terrigenous rocks as indicators of the stages of catagenesis has been carried out and their influence on the filtration-capacity properties of rocks has been established.

Keywords: Dnieper-Donets depression; lower carbon deposits; sandstones; lithogenesis of terrigenous rocks.

ВСТУП

Метою досліджень є встановлення особливостей постседиментаційних процесів літогенезу теригенних порід-колекторів глибоких горизонтів нижнього карбону з оцінкою їх впливу на формування фільтраційно-ємнісних властивостей (ФЄВ) колекторів в межах центральної частини

Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) на схилах Срібненської депресії: Голотівщинсько-Мехедівсько-Луценківсько-Свиридівський структурний вузол (Іванишин, 2013) (Рис. 1). Проаналізовано особливості структурних та мінеральних перетворень порід-колекторів, виявлено

Цитування: Стрижак Л.І., Алексєєнкова М.В., Стрижак В.П. Літогенез теригенних порід та його вплив на фільтраційно-ємнісні властивості нижньокам'яноугільних колекторів центральної частини Дніпровсько-Донецької западини. Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України. 2020. Том 13. С. 80–88. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2020.220668>

Citation: Stryzhak L.I., Aleksieienkova M.V., Stryzhak V.P., 2020. Lithogenesis of terrigenous rocks and its influence on filtration-capacity properties of lower carbon reservoirs in the central part of the dnierper-donets basin. Collection of scientific works of the Institute of Geological Sciences NAS of Ukraine, Vol. 13. Pp. 80–88. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2020.220668>

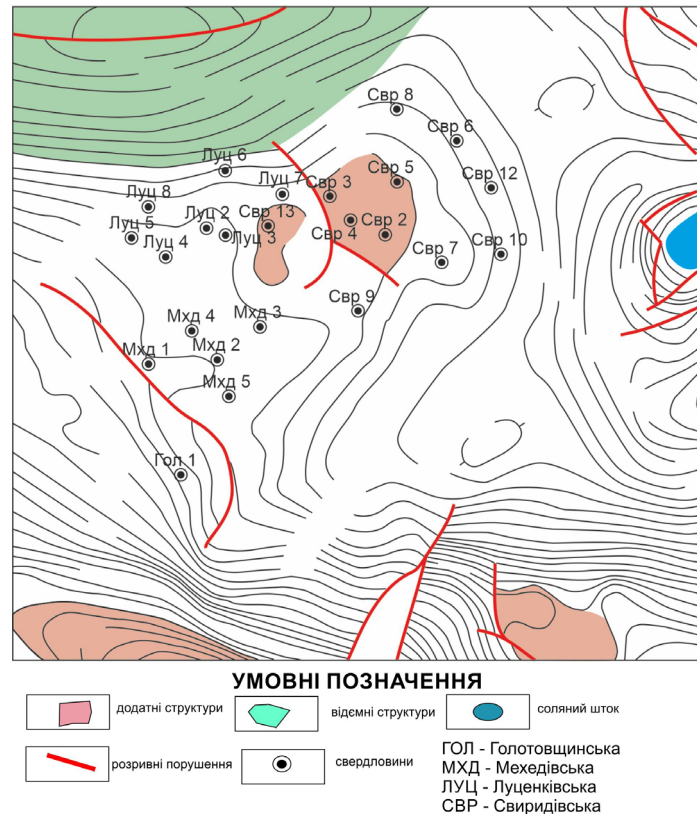


Рис. 1. Карта району досліджень та розміщення свердловин Голотівщинсько–Мехедівсько–Свиридівсько–Луценківської зони. (Структурна карта по підшві турнейських відкладів по горизонту відбиття V в 4. (м-б 1:200000)

Fig. 1. Overview map of the research area location of wells in Holotivshchyna-Mekhedivsko-Svyridivsko-Lutsenkivska zone. (Structural map on the sole of the touring sediments on the horizon V v 4. (M 1: 200000)

аутигенні новоутворення та з'ясована їх роль у виникненні вторинних колекторів.

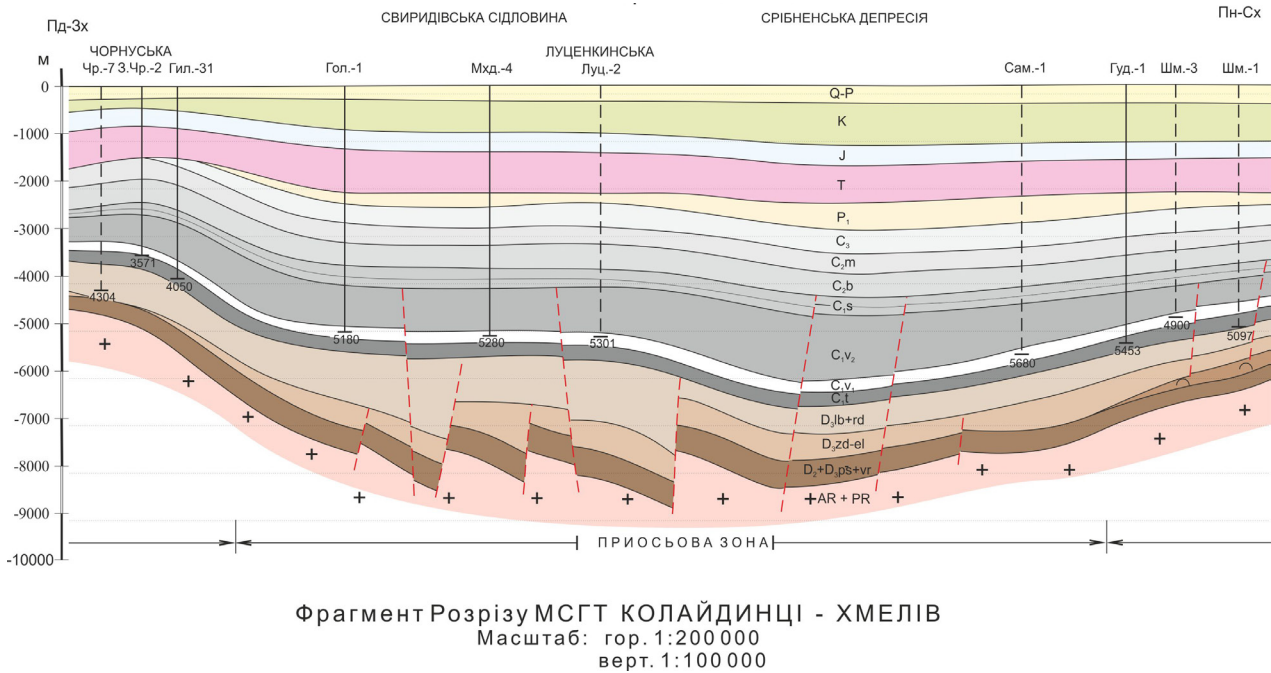
Дослідження включали макроскопічне та мікроскопічне вивчення зразків керну, аналіз петрофізичних властивостей порід (пористість, газопроникність) та результати рентгено-структурного та спектрального аналізів. Керн було отримано і досліджено з візейських і турнейських відкладів (продуктивні горизонти від В-14 до Т-4, глибина від 4400 м до 6112 м).

Територія досліджень розташована в центральній частині ДДЗ на схилах Срібненської депресії в межах Луценківського, Свиридівського та Мехедівсько-Голотівщинського родовищ, які занесені до Державного балансу України. Відповідно до нафтогазогеологічного районування (Атлас, 1998) територія досліджень відноситься до Глинсько–Солохівського нафтогазоносного району.

В геологічній будові бере участь потужна товща відкладів палеозойського, мезозойського та кайнозойського віків, яка залягає на докембрійському кристалічному фундаменті. Свердловинами параметричного та пошукового буріння розріз

площі вивчений до глибини 6112 м (Свиридівська св. 2) і представлений відкладами девонської, кам'яновугільної, пермської, триасової, юрської, крейдової, палеогенової, неогенової і четвертинної систем (рис. 2). Було досліджено керн 29 глибоких свердловин, вибій переважної більшості з них знаходиться в теригенних та карбонатних відкладах нижньовізейського ярусу, а шість свердловин розкрили турнейські і девонські відклади (Мехедівська 1, Свиридівська 2, 3, 4, 5 та Луценківська 4).

Робота виконувалась за результатами детального комплексного вивчення кернового матеріалу, геолого-геофізичних даних в свердловинах та за результатами лабораторних досліджень. Основним методом дослідження є петрографічний метод з використання прозорих шліфів. Перед виготовленням шліфів всі зразки ретельно досліджувались макроскопічно, спочатку у керноскопищі, потім аналізувалися в рентгено-структурній та спектральній лабораторіях (УкрДГПІ). В роботі використані дані (близько 900 визначень) петрофізичних досліджень (пористість, газопроникність та щільність



Фрагмент Розрізу МСГТ КОЛАЙДИНЦІ - ХМЕЛІВ
 Масштаб: гор. 1:200 000
 верт. 1:100 000

Рис. 2. Фрагмент розрізу МСГТ Колайдинці–Хмельів (м-б гор. 1:200000, верт. 1:00000).

Fig. 2. Fragment geological section of the MSGT Kolyadyntsi–Khmeliv (scale 1: 200000, vertical 1: 00000).

породи) підприємств «Чернігівнафтогазрозвідка» та «Полтаванафтогазрозвідка».

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В роботі розглянуті процеси літогенезу, які відбуваються в породах на стадіях катагенезу та метабенезу. Вивчення цих процесів є одним із важливих і актуальних напрямків літологічних досліджень центральної частини ДДЗ, де колектори вуглеводнів знаходяться на глибинах понад 5000 м та при температурах від 120° С та тиску понад 60 МПа.

В межах досліджуваної території газоносні породи-колектори макроскопічно представлені переважно міцними, щільними, дрібнозернистими (іноді середньо- та крупнозернистими) пісковиками та алевролітами сірого, світло-сірого, іноді майже білого кольору (рис. 3 а). Осадконакопичення пісковики на території досліджень відбувалось в різних фаціальних умовах — в турнейській і нижньовізейській час це здебільшого алювіальні відклади (з тонкими прошарками глинистих вапняків), а в верхньовізейській — прибережні, дельтові та авандельтові.

Проведеними дослідженнями встановлено зміни форми, розмірів, складу компонентів породи та характеру взаємних контактів між ними (рис. 3 а, б, в, г).

Форма зерен кварцу в шліфах переважно ізометрична, округла, рідше видовжена, різного

ступеню обкатаності: від обкатаної та напівобкатаної до кутуватої. Розміри зерен коливаються від 0,01 мм в алевролітах до 0,9 мм в крупнозернистих пісковиках, але найчастіше 0,05–0,5 мм (алевроліти, дрібно-та середньозернисті пісковики).

Уламки складають від 70 до 96% породи, найчастіше представлені кварцом, пелітизованими польовими шпатами, різноманітними слюдами (біотит, мусковіт) та уламками порід. Серед акцесорних трапляються циркон та турмалін. Цемент пісковиків та алевролітів поровий, контакто-поровий, крустифікаційний, острівний та базальний, багатокомпонентний: первинний глинистий тонкопелітовий, вторинний кварцовий, карбонатний, гідрослюдистий, каоліновий.

Зміни форми та розмірів зерен проявляються в регенерації зерен кварцу, корозії уламків карбонатним цементом, а внаслідок тектонічного напруження та впливу постседиментаційних процесів форма зерен кварцу змінюється до корозійних та навіть квадратовидних (рис. 3 г). Змінюють форму також луски нестійких в катагенезі слюд — за рахунок інтенсивного насичення міжпластовою водою і катіонами, вони набухають, збільшують свій обсяг в кілька разів, гідратуються, розщеплюються на окремі тонкі лусочки та віялоподібні і гармошкоподібні форми, і заміщуються

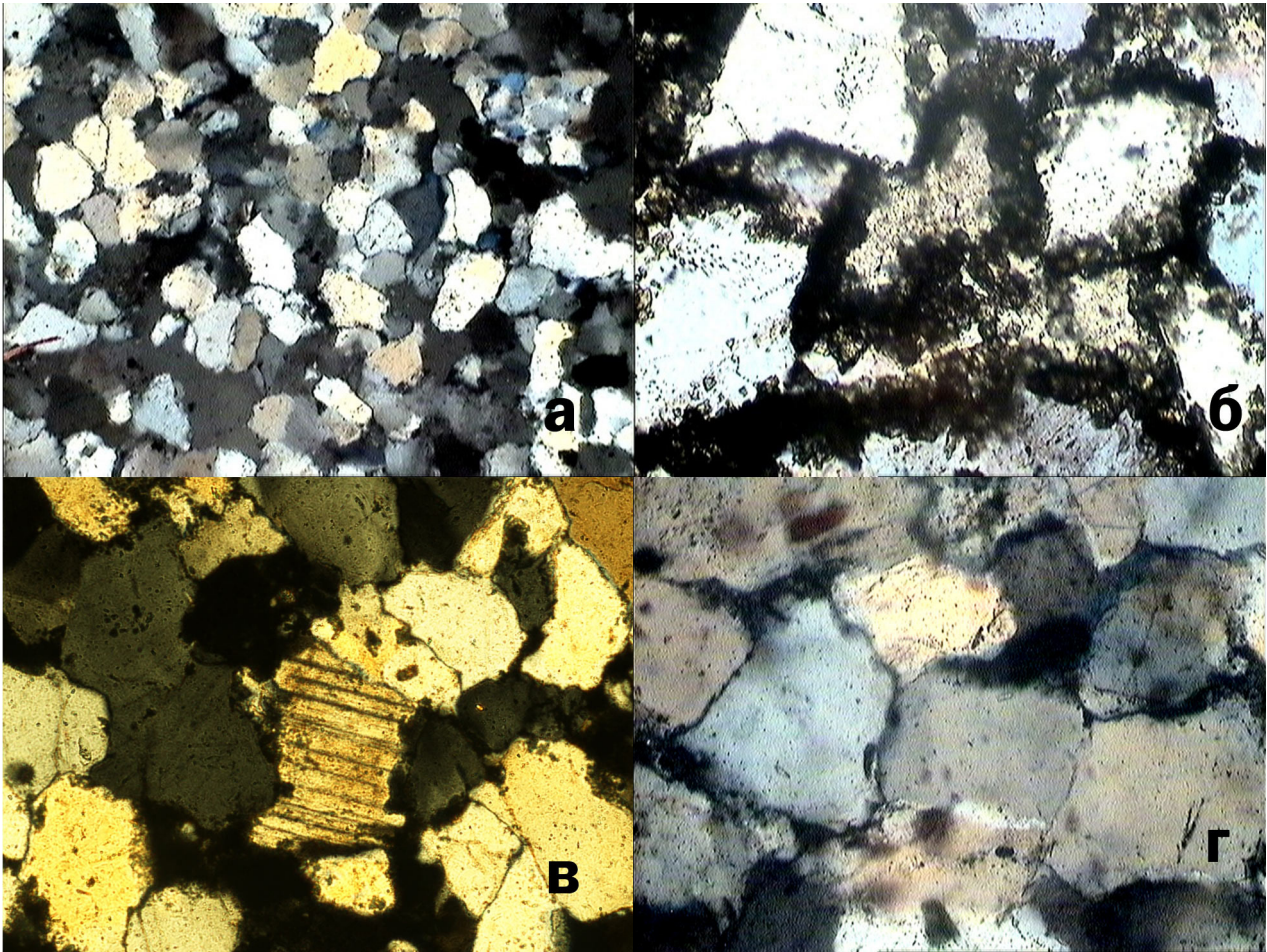


Рис. 3. Новоутворені структури пісковиків:

- а) Гранобластова структура типового колектора візейського ярусу. Пісковик темно-сірий, кварцовий, дрібнозернистий, з крупнолускатим каоліновим цементом (10%), нерівномірнопорувий. Відкрита пористість 9.1%, газопроникність 15.7 мД. Свиридівська св. 3. інт. 5289–5299 середина, нік +, довж. 1.4 мм;
- б) Аутигенний крустифікаційний карбонатний цемент в середньозернистому пісковику; відкрита пористість 3.64%. Свиридівська св. 3. Інтервал 5882–5892 м верх. Нік+, довж. 0.48 м
- в) Мікрозубчастий та мікроступінчастий тип з'єднання зерен в алевропісковику. Луценківська сврд. 4. Інт. 5855–5856 м. 36.х195 Ніколі+;
- г) Лінійні вторинні контакти між зернами. Гравітаційно-корозійна структура розчинення зерен кварцу. Свиридівська св. 7, інтервал 5368–5372 м, ніколі+, довж. 1.4 мм, В-25.

Fig. 3. Newformed sandstone structures:

- а) Granoblast structure of the Visean layer collector. Sandstone dark-gray, quartz, fine-grained, with coarse-grained kaolinite cement (10%), unevenly porous. Open porosity of 9.1%, gas permeability of 15.7 mD. Sviridivska drill. 3. int. 5289–5299 middle, length 1.4mm;
- б) Autigenic crucifacated carbonate cement in medium-grained sandstone; open porosity 3.64%. Sviridivska drill. 3. Interval 5882–5892 m top. length 0.48 m;
- в) Microtooth and microstage type of grain connection c siltstone. Lutsenkivska drill. 4. Int. 5855–5856 m. X195;
- г) Linear secondary contacts between grains. Gravitational corrosion structure of dissolution of quartz grains. Sviridivskaya № 7, interval 5368–5372 m, long. 1.4 mm, B-25.

хлоритом, гідрослюдою, каолінітом і складними змішаношаруватими утвореннями.

При глибокій стадії перетворення, на якій знаходяться досліджувані пісковики, найбільше змінюється структура порід і характер зчленувань між зернами. Структурні та мінералогічні характери-

стики глибокозанурених горизонтів є результатом складного поєднання і послідовного накладення різних типів літогенезу. Всі основні новоутворені структури досліджуваних пісковиків можна поділити за способом їх виникнення: в результаті їх механічного ущільнення, хімічного розчинення

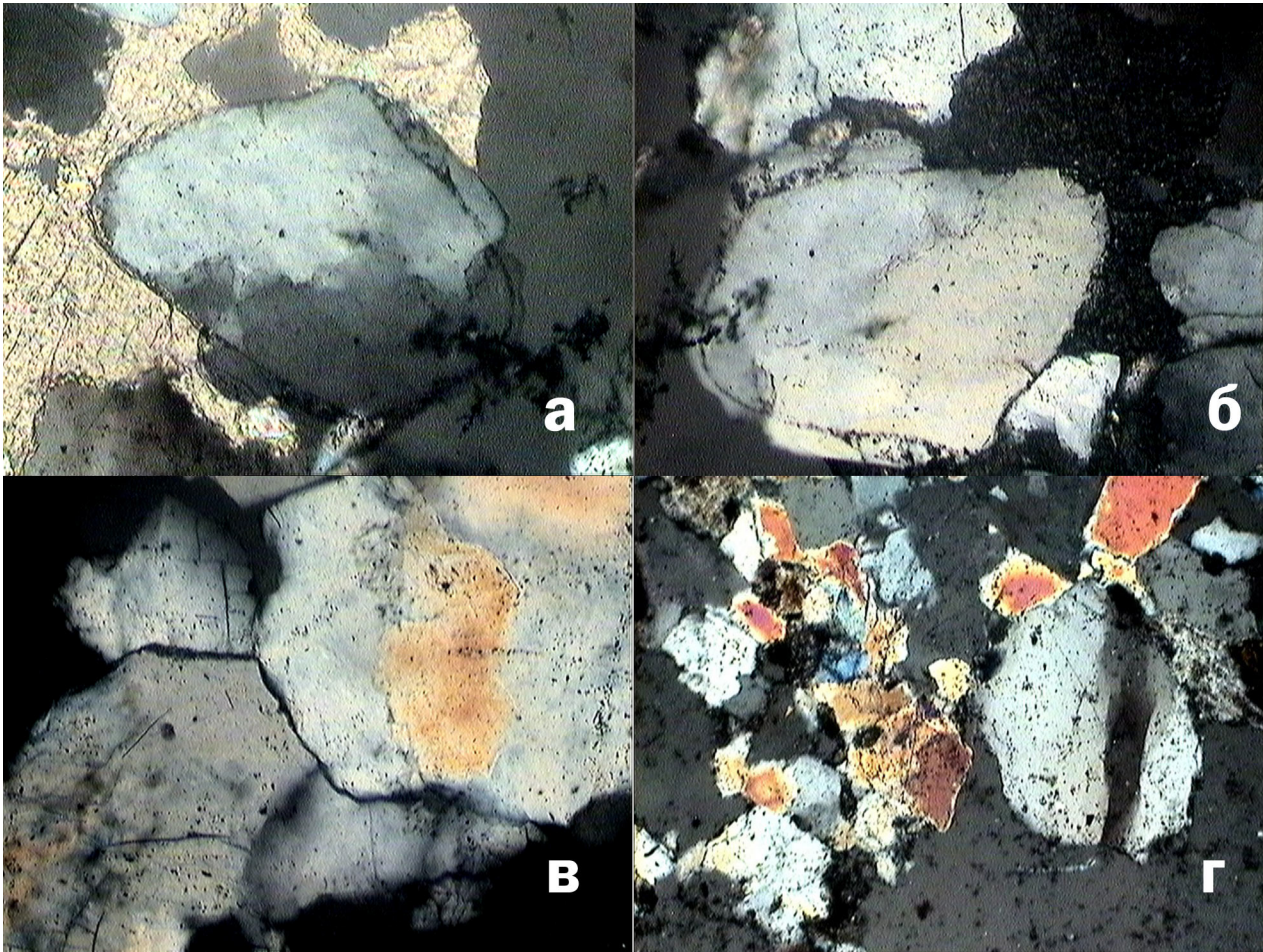


Рис. 4. Літогенетичні процеси в пісковиках:

- а) Аутигенний карбонатний цемент базально-порового типу (до 15% шліфа) в крупнозернистому кварцовому пісковику. Корозія кварцових зерен. Свиридівська св. 3. Інт. 5008–5018 м 5.3 м від верху. Довжина 0,48 мм. Ніколі+. Відкрита пористість 1.64%;
- б) Новоутворений крупнолузканий каоліновий цемент (іноді до переходу в дікіт). Регенерація зерен кварцу. Пісковику дрібнозернистий з стилолітовим швом. Свиридівська св. 3. зразок 82, інт. 5806–5916 м. Ніколі+. Довжина 0.48 мм;
- в) Рекристалізаційний бластез (зростання зерен кварцю) в кварцовому мономінеральному середньозернистому пісковику. Свиридівська св. 3. 5008–5018 м. Довжина 0,48 мм. Ніколі+.
- г) Переривчасто-хвилясте згасання кварцу в кварцовому різнозернистому пісковику. Мехедівська св. 1. Інт. 5609–5620 м Відкрита пористість 7.1%, газопроникність 0.4 м. Довжина 1.4 мм. Ніколі+.

Fig. 4. Lithogenetic processes in sandstones.

- а) Autigenic carbonate cement of basal-porous type (up to 15% section) in coarse-grained quartz sandstone. Corrosion of quartz grains. Svyridivskaya drill. 3. Int. 5008–5018 m 5.3 m from the top. Frame length 0.48 mm. Open porosity 1.64%.
- б) Newly formed large-grained kaolinite cement (sometimes before transition to diakit). Regeneration of quartz grains. Sandstone fine-grained with stylolite seam. Svyridivskaya drill. 3. Sample 82, int. 5806–5916 m. Length 0.48 mm.
- в) Recrystallization of blastez (growth of quartz grains) in quartz monomineral medium-grained sandstone. Svyridivskaya drill. 3. 5008–5018 m. Length 0.48 mm.
- г) Intermittent-wavy attenuation of quartz in quartz multi-grained sandstone. Mekhedivska drill 1. Int. 5609–5620 m, 2.0 m from the top. Open porosity 7.1%, gas permeability 0.4 m. Length 1.4 mm.

(або корозії) уламкових зерен (рис. 3); наростання на уламкових зернах облямівки того ж складу (регенерація) або інших мінералів (крустифікація).

На рисунку 3 б представлено фото пісковику кварцового середньозернистого, щільного, з карбонатним крустифікаційним цементом. З утворенням

цементу обростання мінеральних зерен, який заповнює майже всі пори між зернами, відкрита пористість в цьому зразку знижується до 3,64%. В теригенних породах глибоких горизонтів виявлено всі перераховані вище новоутворені структури, але на таких глибинах в окремих зразках вже з'являються мікрозубчасті та мікроступінчасті зчленування зерен, що вказує на значний ступінь перетворення, так звана передметаморфічна стадія, або стадія метагенезу (Япаскерт, 1999). Немає чітких границь між стадіями і всі розмежування проведені тільки умовно. М. В. Логвиненко визначає перехід від стадії катагенезу до стадії початкового метаморфізму досягнення пористості піщаних порід 3%.

Процес регенерації кварцу має широке розповсюдження в досліджуваних породах: коли уламкове зерно знаходиться у середовищі перенасичених розчинів, то відбувається процес його відновлення до нормальної, прямореберної форми. Головними умовами такого процесу є постійне надходження необхідної речовини по контуру зерна. У зв'язку з цим в досліджуваних зразках глибоко занурених порід, які знаходяться на стадії глибокого катагенезу, одночасно спостерігаємо регенераційні та гравітаційно-корозійні структури розчинення твердих мінеральних зерен (рис. 3 г), що свідчить про перевидкладення компонентів у межах породи. В досліджених піщаниках визначені вторинні структури, що утворились в результаті впливу декількох процесів одночасно (рис. 3, 4). Це пояснюється тим, що породи, які досліджуються, знаходяться на підстадії глибокого катагенезу, де регенераційні структури тісно пов'язані з корозійними і гравітаційними.

Всі мінерали в осадових породах є носіями генетичної інформації про умови утворення порід і виконують роль індикаторів умов літогенезу (Япаскерт, 2008). При описі породи в шліфі здійснено ранжування мінералів за способом їх зародження та етапністю змінення, оскільки досліджені осадові породи відрізняються полігенетичністю складових частин, мають численні способи і механізми формування. Головним мінералом теригенних порід-колекторів є кварц, який залишається найстійкішим мінералом в осадовому процесі; проте у процесі літогенезу внутрішня його структура зазнає істотних перетворень. Кварцу властиві дві найбільш поширені і генетично пов'язані між собою форми: гравітаційна корозія, яка визначається в шліфах конформними, інкорпораційними та мікростилітовими зчлену-

ваннями та регенерація. Зазначимо, розчинність кварцу потребує певних умов: не лише тиску, але і температури, тому виникнення подібних вторинних структур — одна з перших типових ознак глибокої катагенетичної стадії, на якій знаходяться досліджувані породи (рис. 3 а, г). В піщаних катагенетично змінених породах (піщаниках та алевролітах) внутрішня границя кварцових регенераційних облямівок простежується в шліфах ланцюжками мікроскопічних включень (рис. 4 а). Такі включення найчастіше представлені окислами заліза та глинистими мінералами.

Важливу інформацію дає перетворення кварцових зерен для виявлення межі між катагенезом та метагенезом. При термальній активації, що характерно при глибокому катагенезі та метагенезі, у кварці проходять незворотні зміни, такі як рекристалізаційний бластез (йде заміщення кварцу кварцом, де стирається границя між зернами, наче б то зерно розрослося, і навіть згасають вони однаково) який вже накладений на попередні катагенетичні регенераційно-конформні структури (рис. 4 в). Крім бластезу кварцу, також важливим показником завершення стадії катагенезу є пластична деформація, і вже як її наслідки — поява «смужок Бьома» — процес самоочищення зерен кварцу, початок метаморфізації.

У глибоко занурених піщаниках, в результаті катагенетичних перетворень, а саме окварцювання, коли регенерація зерен кварцу була масовою і відбувалась багатостадійно, ці породи перетворюються в майже мономінеральні дуже міцні, щільні, малопроникні кварцитопіщаники, первинна пористість яких повністю редукована в результаті аутигенної цементації. Потім саме ці породи, стають своєрідною основою для формування вторинних колекторів.

В роботі показано негативний вплив кварцового цементу на пористість, але головну роль у формуванні колекторських властивостей порід відіграє ступінь заповнення пори мінералом — повнопоровий чи неповнопоровий тип цементу, тобто чи весь порожнинний простір зайняв аутигенний кварц, чи лише його частину. Від цього залежать і показники пористості. Наприклад, у Свиридівській св. 3 (інт. 4482–4483 м) піщаник з кварцовим неповнопоровим цементом має пористість більше 14% і високу проникність, а в повнопоровому відкрита пористість знижується до 1,7% (інт. 4770–4780 м). Завдяки їх фізико-механічним властивостям, великій міцності і щільності ці породи беруть на себе тектонічні

напруги і крім тріщинуватості це проявляється в характерних кристалооптичних ознаках — хвилясте і мозаїчне згасання кварцу (рис. 4 г). Залишаючись стійким в умовах високого тиску і температури цей кварцито-піщаний каркас, маючи міцну основу, витримує значне напруження і надалі сприятиме розуцільненню порід і забезпечуватиме збереження вторинної пористості на глибинах понад 5000 м.

Найчутливішими індикаторами умов літогенезу є глинисті мінерали і за результатами рентгено-структурних досліджень глиниста частина теригенних зразків складена проміжними, змішано-шаруватими утвореннями (кристалічна ґратка складена з пакетів різного складу — смектитового (монтморилонітового) та слюдяного, або хлоритового. На досліджуваних глибинах (4700 м і більше) вже немає чистих смектитових, монтморилонітових пакетів, вони повністю переходять через змішаношаруваті форми у гідрослюду, з масовим виділенням вільної води та SiO_2 . Зазначимо, що в численних зразках аргілітів доля набухаючих шарів в змішаношаруватих утвореннях (за даними рентгено-структурного аналізу) фіксується досить високою (до 50–70%), що вказує на якісні властивості покритишки для піщаних колекторів. Також багато теригенних порід-колекторів містять в своїй глинистій частині новоутворену слюду $2M_1$, виникненню такої модифікації сприяє, в першу чергу, термальна активізація. Тому ілліти з вказаними параметрами починають утворюватися шляхом трансформування вихідних гідрослюду $1Md$ на стадії глибинного катагенезу, і стають переважаючими на стадії метагенезу. Оскільки в досліджуваних зразках присутня гідрослюда двох типів ($1Md$ та $2M_1$) одночасно, то робимо висновок що досліджувані породи знаходяться в зоні переходу від глибинного катагенезу до метагенезу.

За результатами виконаних досліджень встановлено, що новоутворені мінерали газоносних теригенних колекторів центральної частини ДДЗ представлені глинистими (каолініт), карбонатними (кальцит, сидерит, анкерит, доломіт) мінералами, аутигенними польовими шпатами (альбіт), а також хлоритами і слюдами (гідрослюда, мусковіт та змішаношаруватими гідрослюдистими мінералами). Вторинні процеси виражені також в процесах піритизації і бітумінізації порід.

Процеси карбонатизації в пісковиках дуже поширені в досліджуваних горизонтах (особливо в нижньовізейських) і проявляються в інтенсивному розвитку кальциту, анкериту або доломіту,

рідше сидериту. Аутигенний карбонат виповнює проміжки між уламками, кородує і заміщує кварц, біотит, польові шпати, виділяється по тріщинам деформованих зерен. Іноді від зерен залишаються тільки релікти (рис. 4 а). Ступінь заміщення може бути різна не тільки в різних інтервалах, а навіть в межах одного зразку.

На прикладі пісковиків Мехедівсько–Голотівщинсько–Луценківсько–Свиридівської зони підтверджена зворотна залежність відкритої пористості порід від вмісту аутигенного карбонату в цементі пісковиків: чим більший вміст карбонатних мінералів, тим менше пористість, а при базальному типі цементу пористість падає до мінімуму (в зразку на рис. 4 а карбонатний цемент займає близько 10%, тому і пористість зразка становить всього 1,64%). Карбонатизація, як і регенерація, є від’ємними чинниками нафтогазонасності, які сприяють ще значнішому ущільненню породи. Однією з причин негативних результатів буріння в нижньовізейських відкладах на Мехедівсько-Голотівщинській та Луценківській площах стала аутигенна карбонатизація піщаних тіл. Але одночасно при наявності кальциту в цементі пісковиків виробничим підприємствам може бути рекомендована кислотна обробка порід в свердловині як фактор підвищення дебітів продуктивних горизонтів.

При збільшенні глибини залягання порід, щільність порід зростає, а їхні пористість і проникність поступово знижуються. Вторинні перетворення, що діють на породи на великих глибинах, як правило, погіршують колекторські властивості порід, але за певних умов вони і формують поліпшені фільтраційно-ємнісні властивості порід. Процеси літогенезу на великих глибинах набувають різновекторну направленість та несуть вагому інформацію про багаторівневі особливості геодинамічного розвитку регіону. В глибокозалягаючих породах основними факторами утворення колекторів і резервуарів вуглеводнів є поєднання постседиментаційних процесів та геотектонічних рухів: вторинна пористість, макро- і мікротріщинуватості, кавернозність, аутигенна каолінізація, сутура- і стилілізація та ін., які і визначають фільтраційно-ємнісні особливості порід.

Один із важливих процесів літогенезу, який також сприяє підвищенню фільтраційно-ємнісних властивостей порід — це каолінізація — процес перекристалізації первинного пелітоморфного глинистого матеріалу в крупнопакетний, крупнолускатий, іноді навіть черв’якоподібний каолініт

досконалої структури. При перетворенні він займає вже менше місця між уламками і утворюється вільний міжзерновий простір. Каолініт інтенсивно і рівномірно підфарбований світло-бурою органічною речовиною, що вказує на високі гідрофільні властивості новоутворень мінералу. У таких пісковиках, крім вторинних пор, вмістилищем вуглеводнів також слугує і аутигенний каолініт досконалої структури, вміст якого в окремих зразках доходять до 16% (рис. 4 б). Виявлена пряма залежність пористості від вмісту вторинного каолініту. В зразках з високим вмістом вторинного каолініту пористість сягає 10–12%. Вторинна каолінізація глинистого цементу – мінеральний індикатор підвищених значень колекторських властивостей та один з найважливіших мінеральних критеріїв нафтогазоносності глибокозалягаючих комплексів.

Основними у формуванні колекторських властивостей родовищ центральної частини ДДЗ глибокозалягаючих відкладів, за мінералогічно-петрографічними дослідженнями, є процеси накладеного літогенезу, а саме вплив порових розчинів на алюмосилікатні мінерали уламкових порід. Результат такого флюїдного літогенезу – новоутворені вторинні тріщини, пори вилюговування та поява аутигенних мінералів. Внаслідок кремнекислого метасоматозу відбувається розчинення кальцитового цементу, а вуглекислого – корозія уламків кварцу. Відбувається заміщення гідролізу вторинним триклінним каолінітом, а новоутворені пори вилюговування мають дуже характерні форми: кутасті, кутасто-вигнуті, трикутні, неправильної форми та щілиноподібні, які пов'язані між собою мікротріщинами (дуже тонкими звивистими каналами) та з'єднані з вторинним каолінітом.

Для щільних низькопористих колекторів центральної частини ДДЗ з малою міжзерновою пористістю особливо зростає роль тріщинуватості в фільтрації флюїдів, і утворюється тріщинопоровий тип колектора. Підвищена пористість і проникність порід відзначається в тих пісковиках і алевролітах, де завдяки катагенетичним процесам разом з тектонічною напругою в породах з інкорпораційно-конформним зчленуванням зерен з'являються тріщини і в самих уламках, які з'єднуються і стають наскрізними. У напрямку таких тріщин на ділянках виносу нестійких мінералів проходить їх вилюговування з утворенням пор, чим

і можна частково пояснити наявність колекторів у глибокозанурених горизонтах ДДЗ.

ВИСНОВКИ

Постседиментаційні перетворення, як правило, погіршують колекторські властивості, але за певних умов вони і формують поліпшені фільтраційно-ємнісні властивості вторинних на території досліджень в районі Голотівщинсько–Мехедівсько–Луценківсько–Свиридівського структурного вузла в центральній частині ДДЗ.

Доведено причинно-наслідкові зв'язки між виявленими мінерально-літогенетичними та колекторськими властивостями порід-колекторів центральної частини ДДЗ та встановлено особливості їх структурних та мінералогічних перетворень. Багатофакторні постседиментаційні процеси літогенезу на великих глибинах набувають різновекторну направленість та несуть в собі об'ємну інформацію про особливості геодинамічного розвитку та літогенезу в цілому. В процесі роботи встановлено, що в результаті розвитку процесів накладеного літогенезу в уламкових породах відбуваються мінеральні перетворення і зміна петрофізичних властивостей порід: щільності, пористості і проникності. При цьому такі процеси, як каолінізація сприяють розвитку пустотного простору (збільшення пористості і проникності), а процеси регенерації мінералів, карбонатизації та сульфідизації призводять навпаки, до ще більшого ущільнення колекторів – заповнення всього пустотного простору в породах.

Дослідженнями встановлено, що на великих глибинах (понад 5 км) колектори знаходяться на різних стадіях літогенезу і на їх ємнісні-фільтраційні характеристики більше впливають вторинні процеси формування даної структури, ніж глибина і літолого-фаціальні умови залягання. І саме на ці відклади, на глибинах 5–7 км, слід планувати найбільші обсяги геологорозвідувальних робіт, а також спрямовувати різнопланові наукові дослідження з метою обґрунтування нових зон і об'єктів у глибоких горизонтах.

Стаття підготовлена за результатами досліджень за темою, що виконувалась в рамках програми КПКВК 6541239 тема № III-01–17 «Визначення зв'язку нафтогазоносності з процесами глибинної дегазації Землі як основи раціонального освоєння вуглеводневого потенціалу земних надр».

REFERENCES

- Atlas of oil and gas fields of Ukraine, 1998. Ivanyuta M. M., Arsiriy Yu. O. (comp.) Fedishin. V. O. (ed.). Ukrainian Oil and Gas Academy. Vol. 2. Eastern oil and gas region. Pp. 495–924. (In Ukrainian).
- Ivanyshyn V. A.; 2013. Neolohiia i naftohazonosnist Holotivshchynsko–Mekhediivsko–Lutsenkivsko–Svyrydivskoho strukturnoho vuzla v Dniprovsko–Donetskii zapadyni. Chernihiv: «Desna», 336 p. (In Ukrainian).
- Korzhnev P. M., Stryzhak L. I., Naumenko O. D., Gusynina T. V. 2018. Paleogeography features of tourasian-visedian time of the area of Mechedivsko-Sviridivska saddle and adjacent territories. *Collection of scientific works of the Institute of Geological Sciences NAS of Ukraine*, Vol. 11. Pp. 80–88. (In Ukrainian). DOI: <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2018.151526>
- Lukin A. E., 2014. Hydrocarbon potential of great depths and prospects of its mastering in Ukraine, *Geophysical journal*. № 4. p. 3–23. (In Russian).
- Lukin, A. E., Gaphich, I. P., 2016. On the genesis of secondary reservoirs of oil and gas at superdeep depths. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*. № 7. С. 86–94. (In Russian).
- Lukin A. E., Prigarina T. M., Goncharov G. G., Shchukin N. V., 2007. On conditions for the screening of hydrocarbon deposits at great depths (on example of oil and gas complexes of Lower Dnieper-Donets Basin). *Geological Journal (Ukraine)*. № 3. С. 33–44. (In Russian).
- Stryzhak V. P., Stryzhak L. I., Vakarchuk S. G. 2012. Potential of deep horizons of the eastern oil and gas region (on the example of the Central part of the Dnieper–Donetsk basin) *Problems of the oil and gas industry*. № 10. Pp. 54–58. (In Ukrainian).
- Yapaskurt O. V. Subject alteration of sedimentary rocks in the stratisphere: Processes and factors. Moscow: GEOS, 1999. 260 p. (In Russian).
- Атлас родовищ нафти і газу України. в 6 т. / заг. ред. М. М. Іванюта; Українська нафтогазова академія. Л., 1998. Т. 2: Східний нафтогазоносний регіон / склали Ю. О. Арсірій та ін.; голова ред. кол. В. О. Федішин, 1998. с. 495–924.
- Іванишин В. А. Геологія і нафтогазоносність Голотівщинсько–Мехедівсько–Луценківсько–Свиридівського структурного вузла в Дніпровсько–Донецькій западині. Чернігів: ПВК «Десна», 2013. 336 с.
- Коржнев П. М., Стрижак Л. І., Науменко О. Д., Гусиніна Т. В. Фаціальні особливості відкладів турнейсько–ранньовізейського часу у межах Мехедівсько–Свиридівської сідловини та суміжних територій. *Збірник наукових праць інституту геологічних наук НАН України*, том 11, 2018. С. 83–89. DOI: <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2018.151526>
- Лукин А. Е. Углеводородный потенциал больших глубин и перспективы его освоения в Украине. *Геофиз. журн.* 2014, № 4. С. 3–23.
- Лукин А. Е., Гафич И. П. О генезисе вторичных коллекторов нефти и газа на сверхбольших глубинах. *Доповіді Національної академії наук України*. 2016. № 7. С. 86–94.
- Лукин А. Е., Пригарина Т. М., Гончаров Г. Г., Щукин Н. В. Об условиях экранирования углеводородных залежей на больших глубинах (на примере нижнекаменноугольных нефтегазоносных комплексов Днепро-Донецкой впадины). *Геол. журн.* 2007. № 3. С. 33–44.
- Стрижак В. П., Стрижак Л. І., Вакарчук С. Г. Потенціал глибоких горизонтів східного нафтогазоносного регіону (на прикладі Центральної частини Дніпровсько–Донецької западини) *Проблеми нафтогазової промисловості*. 2012. № 10. С. 54–58.
- Япаскерт О. В. Предметаморфические изменения осадочных пород в стратифере: Процессы и факторы. Москва: GEOS, 1999. 260 с.

Manuscript received August 23, 2020;
revision accepted November 21, 2020.

Інститут геологічних наук НАН України,
Київ, Україна

ТОВ «Діоніс Лайн», Київ, Україна

ЛИТОГЕНЕЗ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫЕ СВОЙСТВА НИЖНЕКАМЕННОУГОЛЬНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЫ

Л. И. Стрижак, М. В. Алексеенкова, В. П. Стрижак

На основе литолого-петрографических исследований kernового материала 28 скважин Сребненской депрессии (центральная часть Днепро-Донецкой впадины) отображены литогенетические преобразования, происходящие в глубоководных (более 5000 м) песчаниках нижнего карбона. По характеру структурных и минералогических преобразований установлены вторичные (постседиментационные) процессы литогенеза терригенных пород-коллекторов углеводородов и выявлено их влияние на коллекторские свойства. Показано, какие изменения происходят в породах на стадии глубокого катагенеза, их минеральный состав и новообразованные структуры пород.

Ключевые слова: Днепро-Донецкая впадина, нижнекаменноугольные отложения, песчаник, литогенез.