

<https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.4.238131>
УДК (553.96:552)(477.5)

Л.Б. ЗАЙЦЕВА, А.В. ІВАНОВА*, В.Б. ГАВРИЛЬЦЕВ

Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна

E-mail: l.b.zaitseva@gmail.com; ariadna.v.ivanova@gmail.com; gavriltssev@gmail.com

* Автор для кореспонденції

УМОВИ ФОРМУВАННЯ ПАЛЕОГЕНОВОГО ВУГІЛЛЯ СУЛА-УДАЙСЬКОГО РОДОВИЩА ДНІПРО-ДОНЕЦЬКОЇ ВУГЛЕНОСНОЇ ПЛОЩІ

Наведено результати дослідження бурого вугілля Сула-Удайського родовища, розташованого в межах Дніпро-Донецької вугленосної площі, у розлозі Сухоносівсько-Ромоданівському компенсаційному прогині, який сформувався в результаті росту Логовіківської, Позняківської, Висачківської, Ромоданівської, Гасенківської солянокупольних структур. Прогин виповнений палеоген-неогеновими і четвертинними відкладами. Вугленосними є відклади берецької світи палеогену. Вугленосна товща містить п'ять вугільних пластів, з яких найбільш витриманими пластами робочої потужності є нижній, що залягає в підосві вугленосної товщі, і верхній, який завершує розріз. Буровугільна товща приурочена до найбільш зануреної частини прогину і виклинується до його периферії. Показано, що палеогенова буровугільна формація є багатофасціальним утворенням, яке являє собою цикл осадконакопичення, однією з фацій якого є вугілля. Склад циклу осадконакопичення визначався геотектонічним режимом, який зумовив палеогеографічні умови, швидкість занурення заболоченої території, ступінь обводнення і проточності торфовищ, масштаби діяльності мікроорганізмів. За кількісним співвідношенням груп мікрокомпонентів буре вугілля підрозділяється на ряд петрографічних типів, що чергуються в розрізі пласта завдяки циклічній зміні умов торфонакопичення в процесі його утворення. Торфоциклічність визначається різним співвідношенням в окремих прошарках різних видів торфотвірних рослин, різномірністю їх решток і неоднаковим ступенем збереження рослинного матеріалу. Переважаючими типами вугілля є геліти, ліпоїдогеліти і ліпоїдо-гелітити, що складають до 85 % вугільного розрізу. За якісними показниками досліджуване вугілля відповідає бурому вугіллю низького ступеня вуглефікації. Встановлено, що торфонакопичення при формуванні пластів робочої потужності відбувалося в умовах прибережно-морської низовини, а також заростаючих озер і обводнених лісових боліт.

Ключові слова: торфонакопичення; буре вугілля; вугленосність; мікрокомпоненти; петрографічні типи вугілля.

Цитування: Зайцева Л.Б., Іванова А.В., Гаврильцев В.Б. Умови формування палеогенового вугілля Сула-Удайського родовища Дніпро-Донецької вугленосної площі. *Геологічний журнал*. 2021. № 4 (377). С. 104—116. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.4.238131>

Citation: Zaitseva, L.B., Ivanova, A.V., Gavryltsev, V.B. (2021). Formation conditions of the Paleogene coals in the Sula-Udaiske deposit of the Dnieper-Donets coal-bearing area. *Geologičnij žurnal*, 4 (377), 104-116. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.4.238131>

© Видавець Інститут геологічних наук НАН України, 2021. Стаття опублікована за умовами відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

© Publisher Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, 2021. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Вступ

Дослідження петрографічного складу вугілля і визначення його типів з характерними хімічним складом і технологічними властивостями дозволяє відновити умови формування вугільних пластів і при прогнозуванні перспективних площ обирати найбільш раціональні способи пошуково-розвідувальних робіт на вугілля певної якості.

Метою даного дослідження є реконструкція умов осадко- і торфонакопичення за речовинно-петрографічним складом вугілля і встановлення закономірностей розміщення основних типів вугілля у вугільних пластах Сула-Удайського родовища. Родовище становить промисловий інтерес завдяки неглибокому заляганню вугільних пластів і витриманості їх потужності по простяганню, що дає можливість його розробки відкритим способом. Якість вугілля дозволяє використовувати його як хімічну і паливно-енергетичну сировину.

У раніше опублікованих роботах (Игнатченко, Зайцева, 1980, 1990) петрографічний склад палеоген-неогенового вугілля був наведений для Дніпро-Донецької вугленосної площі в цілому. У даній роботі вперше подана детальна характеристика мікрокомпонентного складу і петрографічних типів бурого вугілля Сула-Удайського родовища. Вперше публікуються мікрофотографії шліфів з фрагментами рослинних тканин і деякими мікрокомпонентами вугілля досліджуваного родовища.

Матеріалом для макро- і мікроскопічних досліджень слугували 55 зразків вугілля з 11 свердловин. Петрографічні шліфи вивчали в прохідному поляризованому світлі (мікроскоп МБИ-6). Паралельно з петрографічними дослідженнями були проведені хімічні аналізи вугілля, використані також матеріали про якість вугілля, отримані при пошуково-розвідувальних роботах.

Об'єкт дослідження

Сула-Удайське родовище розташоване в південній припортовій зоні Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ), у межах південної окраїни Жданівської депресії. Формування локальних проявів вугленосної формації палеоген-неогенового віку, що були виділені в Дніпро-Донецьку вугленосну площу (Игнатченко, Зай-

цева, 1980), пов'язане з розвитком соляної тектоніки. Згідно з класифікацією О.І. Єгорова (Егоров, 1985), вугленосна площа за геотектонічним режимом належить до платформного типу.

Вугленосні відклади в межах Дніпро-Донецької вугленосної площі локалізуються в западинах над соляними куполами і штоками (Zaitseva, Ivanova, 2020), а також у компенсаційних прогинах, які виникли біля окремих куполів або пов'язані з декількома зближеними куполами. Сула-Удайське родовище знаходиться в досить глибокому і широкому компенсаційному прогині, що був закладений у ранньовізейський час (Державна..., 1998; Чирвинская, Соллогуб, 1980). Прогин сформувався в результаті росту Логовіківської, Позняківської, Висачківської, Ромоданівської, Гасенківської солянокупольних структур, який відбувався безперервно з різною інтенсивністю в усі наступні геологічні періоди. До значної активізації процесів соляної тектоніки привів альпійський тектогенез. За даними В.А. Іванишина (Іванишин, 2008), досліджуваний район Жданівської депресії у палеогені, на відміну від крейдового періоду, був найглибшою її частиною. Це призвело до посилення росту згаданих вище солянокупольних структур, які в результаті досягли передчетвертинного рівня залягання соляного ядра (Атлас..., 1984), а також до більш чіткого морфологічного прояву Сухоносівсько-Ромоданівської компенсаційної мульди, до якої приурочено досліджуване родовище (рис. 1).

Умови формування палеогенових відкладів та їх вугленосність

Вугленосність родовища пов'язана з відкладами палеогену, які незгідно перекривають всі більш давні утворення. Внаслідок трансгресії палеогенового моря на територію ДДЗ склалися умови для утворення мілководно-морських і прибережно-морських відкладів, які змінилися на континентальні в неогені й четвертинному періоді.

Палеоцен представлений сумською і мерлинською світами (Зосимович, Шевченко, 2015). Сумська світа складається кварцовими карбонатними пісками і пісковиками з шарами мулистих пісків з високим вмістом гуміфікова-

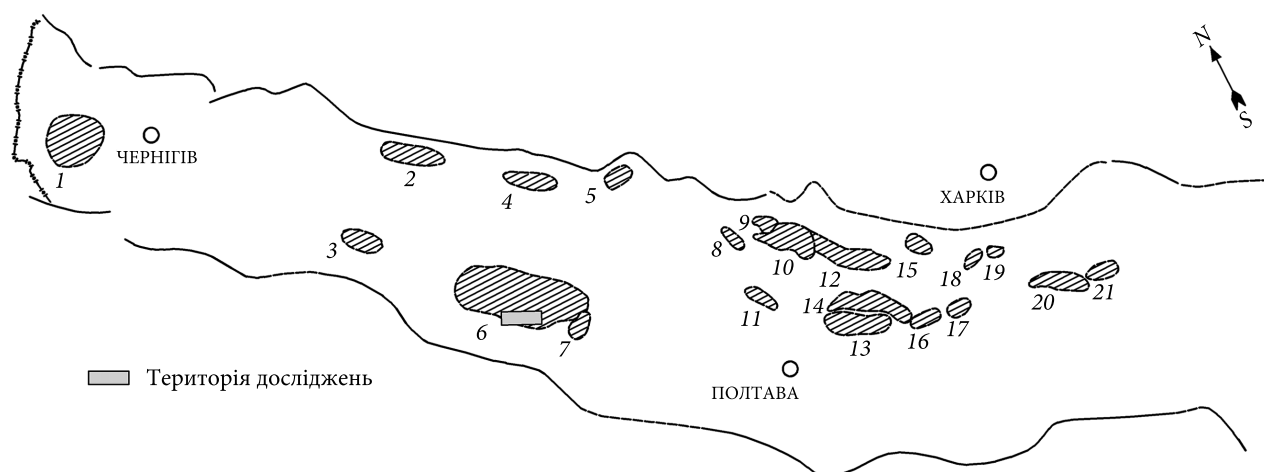


Рис. 1. Схематична карта розташування компенсаційних прогинів Дніпро-Донецької буровугільної площі, які вивопнені вугленосними відкладами. Номери структур: 1 — Чернігівська, 2 — Дмитрівська, 3 — Прилуцька, 4 — Роменська, 5 — Синівська, 6 — Сухоносівсько-Ромоданівська, 7 — Миргородська, 8 — Більська, 9 — Сидорянська, 10 — Колонтаївська, 11 — Диканська, 12 — Коломацька, 13 — Чутово-Розпашнівська, 14 — Петрівська, 15 — Валківська, 16 — Хрестищенська, 17 — Медведівська, 18 — Рябухінська, 19 — Таранівська, 20 — Березька 1, 21 — Новотроїцька

Fig. 1. Schematic map of the compensation trough locations of the Dnieper-Donets brown coal area, filled with coal-bearing deposits. Structures numbers: 1 — Chernihivska, 2 — Dmytrivska, 3 — Prylutska, 4 — Romenska, 5 — Synivska, 6 — Sukhonosivsko-Romodanivska, 7 — Myrhorodska, 8 — Bilska, 9 — Sydoryanska, 10 — Kolontaiivska, 11 — Dykanska, 12 — Kolomatska, 13 — Chutovo-Raspashnivska, 14 — Petrivska, 15 — Valkivska, 16 — Krestyshchenska, 17 — Medvedivska, 18 — Ryabukhynska, 19 — Taranivska, 20 — Beretska 1, 21 — Novotroitska

ного рослинного матеріалу. За даними П.Ф. Марченка та ін. (звіт 1970 р.), потужність світи в межах родовища варіює від 30 до 88 м. Мерлінська світа представлена кварцовими різнозернистими пісками з гуміфікованою органікою, з конкреціями фосфоритів у нижній частині розрізу. Потужність відкладів сягає від 45—60 м на підняттях до 80 м у межах прогину. Ю.Б. Устиновський (Устиновский, 1990) відносить відклади палеоцену до віддалено-шельфової теригенно-кременистої асоціації, що переходить у прибережно-шельфову піщану.

Еоцен на території западини представлений покладами канівської, бучацької, київської та обухівської світ. Канівська світа в нижній частині складається в основному пісковиками, часто з проявами окременіння, у верхній частині кварцово-глауконітовими пісками з шарами піщано-глинистих порід. Ці відклади поступово змінюються дрібно-середньозернистими пісками бучацької світи. Потужність канівсько-бучацьких відкладів коливається в межах 42—75 м. Київська світа представлена фосфоритними пісками, мергелем, карбонатними і безкарбонатними глинами загальною

потужністю до 40—50 м. Відклади обухівської світи складаються кварц-глауконітовими пісками з малопотужними прошарками щільних алевролитистих глин і пісковиків. Потужність світи на вододілах не перевищує 20 м, а у прогині досягає 80 м. Ю.Б. Устиновський (Устиновский, 1990) відносить відклади еоцену до мілководно-шельфової генетичної асоціації піщаних і піщано-алевритових порід.

Олігоцен представлений утвореннями межигірської та березької світ. Межигірська світа складена глауконіт-кварцовими пісками з прошарками глин і пісковиків загальною потужністю до 85 м. За даними Ю.Б. Устиновського (Устиновский, 1990), відклади світи належать до мілководно-шельфової асоціації.

Березька світа, яка становить інтерес через вугленосність, складена піщаними породами з лінзами і шарами бурого вугілля і прошарками глин із залишками рослинного матеріалу. На окраїнах прогину потужність світи сягає 10—15 м, у центральній частині — 70 м. Ю.Б. Устиновський (Устиновский, 1990) відносить нижню частину світи до мілководної генетичної асоціації, а товщу, що залягає вище, до при-

бережно-наземної вугленосної асоціації з генетичним комплексом вуглисто-піщано-глинистих порід.

Поклади берецької світи трансресивно перекриваються піщаними утвореннями неогену потужністю 10—18 м. Нерозчленовані неоген-четвертинні відклади представлені товщею бурих і червоно-бурих глин потужністю 15—25 м, які, в свою чергу, перекриті піщано-суглинними формуваннями четвертинного віку потужністю 40—45, в деяких місцях до 80 м.

Вугленосність

Відклади вугленосної берецької світи поділяють на підвугільну, вугленосну та надвугільну товщі. Підвугільна товща складена середньозернистими кварцовими пісками і пухкими пісковиками потужністю 3—10 м на периферії прогину і до 44 м в його центральній частині. Вугленосна товща представлена дрібно- і середньозернистими кварцовими пісками з пластами і прошарками вугілля загальною потужністю до 30 м у центрі прогину. Товща містить п'ять вугільних пластів, з яких найбільш витриманими за робочою потужністю є Нижній пласт, що залягає в підосві вугленосної товщі, і Верхній пласт, який завершує розріз і простежується повсюдно, крім ділянок розмиву в долинах річок Сула, Многа, Сулиця. Буровугільний поклад розташований в найбільш зануреній частині прогину й виклинюється до периферії. Надвугільні відклади представлені кварцовими середньо- і різнозернистими пісками потужністю 0—30 м

Нижній пласт залягає на глибині від 18 до 112 м, його потужність коливається від 2,2 до 9,4 м, у середньому 4 м. Будова пласта проста, лише в деяких місцях спостерігаються невитримані за потужністю прошарки породи. Покривля і підосва складені дрібнозернистими кварцовими пісками. Вугілля коричневого кольору, часто світло-коричневого забарвлення (до 42 %), в основному слабо ущільнене, з включеннями рослинного матеріалу у вигляді скупчень кутикули, гілочок.

Верхній пласт лежить на глибині від 15 до 100 м, його потужність варіює від 2,0 до 9,8 м, у середньому 3 м. Пласт переважно простої будови. Підосва пласта представлена дрібно- і середньозернистими кварцовими пісками, в

покривлі залягають середньо- і різнозернисті кварцові піски. Вугілля пласта слабо ущільнене, іноді щільне, забарвлення темно-коричневе і коричневе (до 43 %). Для Верхнього пласта характерні досить численні включення лігнітів бурого кольору, щільних, з добре збереженою рослинною структурою.

Таким чином, на території Сула-Удайського родовища виділяється завершений палеогеновий цикл осадконакопичення, або, за Л.М. Ботвінкіною і В.П. Алексєєвим (Ботвінкина, Алексєєв, 1991), літоцикл, який є поліфаціальним утворенням. Початок циклу слід віднести до раннього палеоцену. Цикл закінчується вугленосними відкладами берецької світи, що перекриваються континентальними утвореннями неогену. Палеогеновий цикл характеризується піщаним розрізом із значною роллю вугілля, яке є однією з фацій палеогенового циклу осадконакопичення. Згідно з класифікацією П.П. Тимофєєва (Тимофєєв, 2006), його варто віднести до континентально-морського циклу — парагенезу трансресивної фази.

Речовинно-петрографічний склад вугілля

За сукупністю макроскопічних особливостей (колір, щільність, структура) у досліджуваному вугіллі виділяють чотири групи.

Група I. Землисте темно-коричневе вугілля характеризується пухкою, іноді ущільненою будовою, землястим зломом, неоднорідною структурою. За текстурою вугілля нешарувате, іноді слабо шарувате. У вугіллі спостерігаються уламки лігніту, включення доплериту чорного кольору, поодинокі зерна смоли, лінзовидні скупчення кутикули, поодинокі лінзи фюзену. Мінеральні включення представлені нечисленними присипками кварцового піску, іноді тонкими прошарками глинистого матеріалу, дрібними конкреціями піриту. Це вугілля найменш поширене (20—23 %).

Група II. Коричневе вугілля в основному середньої щільності, рідко слабо щільне або щільне, з нерівним або кутовим зломом, місцями з неясною шаруватістю. Наявність включень лігніту, доплериту, зерен смоли, фрагментів кутикули, табличок фюзену підкреслює неоднорідність макроструктури. У вугіллі спостерігаються скупчення кварцових зерен, піритизовані фрагменти рослинності. Коричневе вугілля має найбільше поширення (до 42 %).

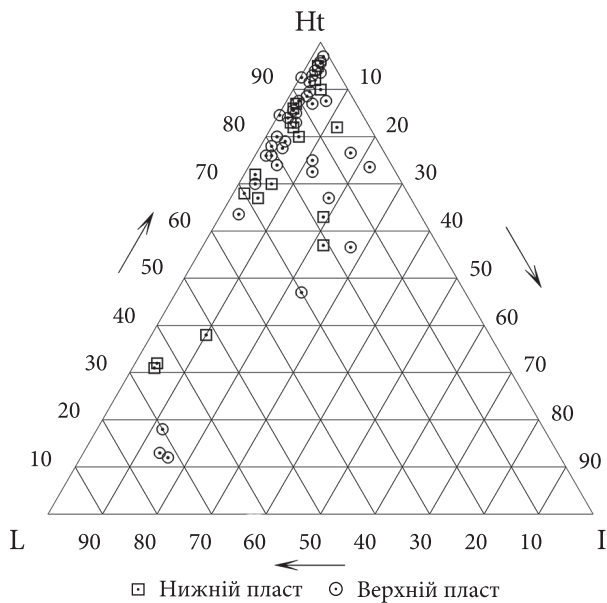


Рис. 2. Мікрокомпонентний склад вугілля груп гумініту (Ht), інертиніту (I) та ліптиніту (L) (% на органічну речовину)

Fig. 2. Microcomponent composition of coals of huminite (Ht), inertinite (I) and liptinite (L) groups (% of organic material)

Група III. До групи світло-коричневого вугілля відноситься щільне вугілля, іноді середнього ущільнення, з нерівним зломом, з однорідною текстурою. У деяких випадках простежується неясна шаруватість. Нечисленні вклучення представлені лігнітом, доплеритом, скупченнями зерен смоли, глинисто-алевритистим матеріалом, поодинокими конкреціями піриту. Дещо частіше у вугіллі спостерігаються лінзочки і таблиці фюзену. Світло-коричневе вугілля складає до 40 % досліджуваного вугілля.

Група IV. Лігнітове вугілля спостерігається серед вугілля перших трьох груп, а іноді й у вигляді самостійних малопотужних лінз. Воно складене різного ступеня гуміфікації рештками стовбурів, гілок, коріння голонасінних, рідко покритонасінних рослин. Переважають лігніти коричневого, рідше світло-коричневого кольору. Лігнітове вугілля буває щільним, волокнистим і пухким, що нагадує «гниляк». Збереженість рослинної структури, що спостерігається візуально, частіше добра, особливо помітна в щільних і волокнистих лігнітах, а також у лігнітах корозійного типу (Кирюков, 2006). На родовищі вміст лігнітового вугілля коливається від 4 до 11 %.

Опис мікрокомпонентів вугілля виконано за класифікацією органічних мікрокомпонентів бурого вугілля (Петрографические..., 1975; ISO..., 2009; Петрологический..., 2006). Мікроскопічними дослідженнями в прохідному поляризованому світлі у вугіллі встановлені органічні мікрокомпоненти груп гумініту, інертиніту, ліптиніту. На діаграмі (рис. 2) показаний їх розподіл, який свідчить про переважаючий вміст у вугіллі мікрокомпонентів групи гумініту, що особливо характерно для верхнього пласта.

Головними критеріями віднесення мікрокомпонентів до певної групи є поєднання кольору і форми.

Група гумініту (до 90 % органічної речовини вугілля), що зіставляється з вітринітом кам'яного вугілля, представлена фрагментами тканин і атритом голо- і покритонасінних рослин, які зазнали слабкої геліфікації і гуміфікації. В простому прохідному світлі колір мікрокомпонентів, що утворилися з деревини хвойних, світло-жовтий і світло-коричнево-жовтий. Фрагменти тканин мають різний ступінь збереження клітинної будови, в поперечному перетині іноді спостерігаються річні прошарки росту, а в поздовжньому зрізі простежуються облямовані пори, що характерні для хвойних рослин. Механічні склеренхімні клітини (склеренхіт) часто спостерігаються в первинній корі, ксилемі (рис. 3, а) і флоемі у вигляді зигзагоподібних клітин. Характерною особливістю фрагментів структурних тканин хвойних є яскрава анізотропія при схрещених ніколях.

Істотну роль у складі досліджуваного вугілля відіграють мікрокомпоненти, які мають різні відтінки червоного кольору у прохідному світлі, ізотропні при схрещених ніколях. До них відносяться продукти геліфікації деревних тканин покритонасінних — ксилініт, перидерми — фелініт (рис. 3, б), а також тканини листової паренхіми — паренхіт (рис. 3, в). Паренхіт у порівнянні з іншими мікрокомпонентами цієї групи зазнає більш глибокого перетворення. Структурні тканини групи гумініту супроводжуються атритом, що складається з дрібних обривків або окремих клітин, за допомогою яких можна встановити тип вихідної рослинної тканини. До цієї групи відноситься десміт у вигляді прожилків і грудок без слідів рослинної структури. До безструктурних компонентів групи віднесені вклучення доплериніту

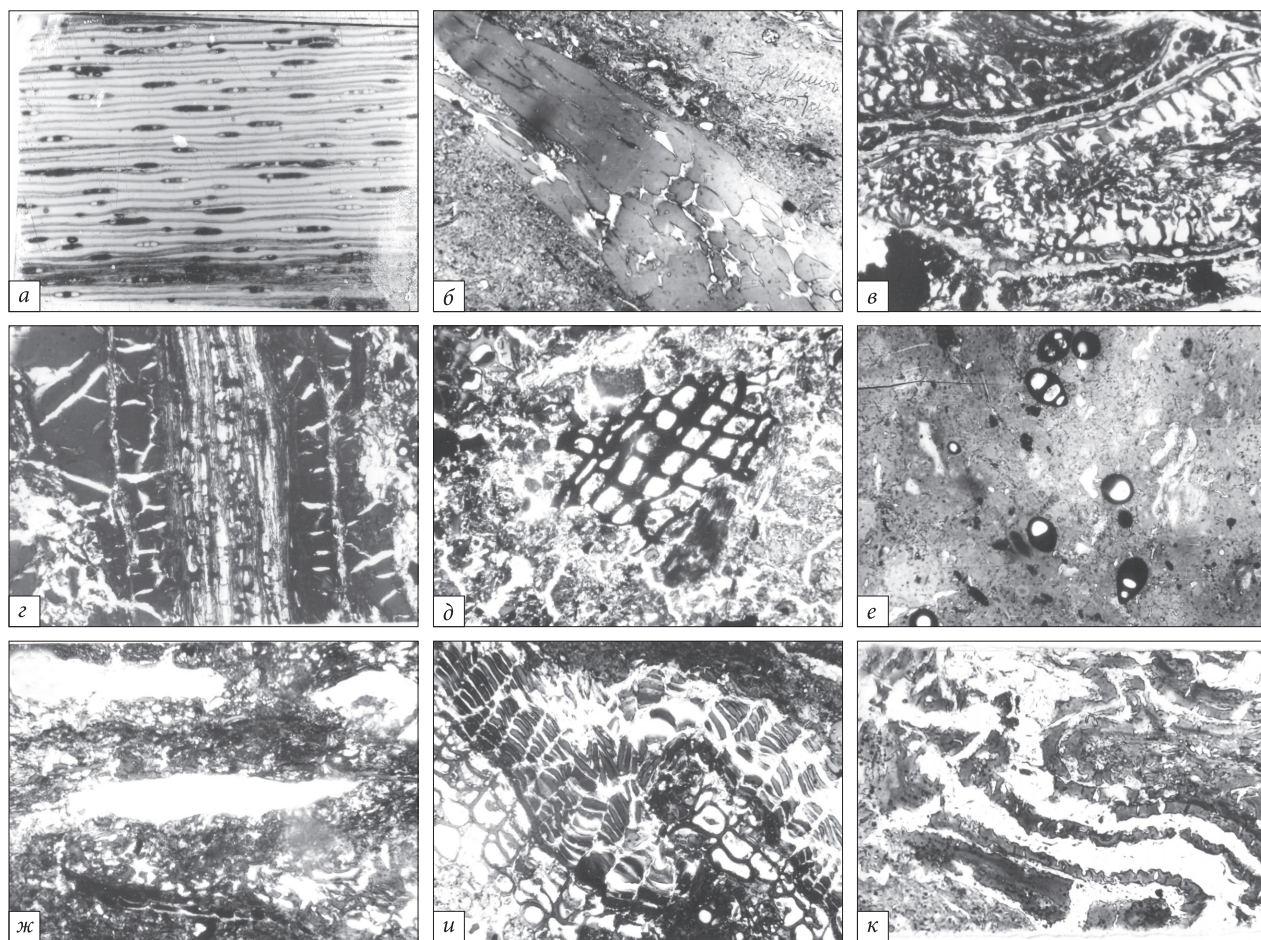


Рис. 3. Мікрофотографії шліфів з фрагментами тканин і деяких мікрокомпонентів бурого вугілля Сула-Удайського родовища (в прохідному світлі, $\times 146$): *a* — тангенціальний зріз вторинної ксилеми хвойної рослини (св. 7011, гл. 89,0—91,2 м, Нижній пласт); *б* — поздовжній косий зріз покривної тканини — фелініт (св. 7011, гл. 84,6—86,0 м, Нижній пласт); *в* — поздовжній зріз листа — паренхіт (св. 7011, гл. 86,0—86,2 м, Нижній пласт); *г* — фрагмент доплериніту з характерними тріщинами усихання (св. 6099, гл. 51,1—51,6 м, Верхній пласт); *д* — фрагмент структурного фюзиніту в атриті (св. 7011, гл. 87,8—89,0 м, Нижній пласт); *е* — скупчення нігросклеротиніту в бітумініто-десміті (св. 7008, гл. 43,8-45,0 м, Верхній пласт); *ж* — лінзовидне включення резиніту (св. 7011, гл. 80,0—81,3 м, Нижній пласт); *и* — фрагмент структурного субериніту (св. 7011, гл. 89,0—91,2 м, Нижній пласт); *к* — фрагмент потовщеного кутиніту в атриті (св. 7011, гл. 86,0—86,2 м, Нижній пласт)

Fig. 3. Micrographs of thin sections with tissues fragments and some brown coals microcomponents of the Sula-Udaiske deposit (in transmitted light, $\times 146$): *a* — tangential section of the secondary xylem of a coniferous plant (7011 well, 89.0-91.2 m depth, the Lower seams); *b* — longitudinal oblique cut of the integumentary tissue — fellinite (7011 well, 84.6-86.0 m depth, the Lower seams); *v* — longitudinal section of the leaf — parenchitis (7011 well, 86.0-86.2 m depth, the Lower seams); *z* — dopplerinite fragment with characteristic drying cracks (6099 well, 51.1-51.6 m depth, the Upper seams); *d* — structural fusinite fragment in attrite (7011 well, 87.8-89.0 m depth, the Lower seams); *e* — nigrosclerotinite accumulation in bituminite-desmite (7008 well, 43.8-45.0 m depth, the Upper seams); *ж* — resinite lenticular inclusion (7011 well, 80.0-81.3 m depth, the Lower seams); *и* — structural suberinite fragment (7011 well, 89.0-91.2 m depth, the Lower seams); *к* — thickened cutinite fragment in attrite (7008 well, 86.0-86.2 m depth, the Lower seams)

(гумусовий гель) (Штах и др., 1978). Це продукт коагуляції колоїдних розчинів гумінових кислот або їх солей у вигляді гмату кальцію. Доплериніт у вигляді неправильних включень, розбитих тріщинами висихання, виповнює порожнечі у вугільній речовині, порожнини корінців рослин (рис. 3, *г*).

Група інертиніту (від 1—2 до 22 %) представлена семіфюзенізованими і фюзенізованими тканинами. Мікрокомпоненти цієї групи не відіграють значної ролі у складі вугілля Сула-Удайського родовища. Вони представляють собою рослинні тканини, які зазнали слабку геліфікацію і окислювальні процеси. Найчастіше

спостерігаються склеротиніт і атрити окислених тканин. Структурні семіфюзиніти зустрічаються у вигляді невеличких лінз коричневого кольору, ще рідше спостерігається семіфюзиніто-атрит. Включення фрагментів фюзиніту (рис. 3, д) чорного кольору з чіткими контурами часто мають добру збереженість рослинної структури, різноманітні за формою і розміром. У меншій мірі поширений фюзиніто-атрит. Орто- і нігро-склеротиніти (фунгінит), у вигляді округлих або витягнутих тіл з добре збереженою структурою, асоційовані з рослинним атритом, в якому вони розташовуються безладно або утворюють скупчення (рис. 3, е).

Група ліптиніту (5—30 %, рідко до 70 %) характеризується різноманітністю формених елементів світло-жовтого, жовтого кольору, що утворилися із залишків рослин, стійких до процесів геліфікації і фюзенізації. Найчастіше вони представлені резинітом, структурним суберинітом, рідше тонким кутинітом і мікроекзінітом. Часто в шліфах дослідженого вугілля зустрічаються субериніто-атрит і бітумініто-десміт. Структурний субериніт (покривні тканини рослин, просочені суберином) спостерігається у вигляді вигнутих смуг, розташованих в атриті, або смуг, які облямовують фрагменти тканин (рис. 3, з). Включення резиніту овальної, паличкоподібної, ізометричної форми мають чіткі контури (рис. 3, ж). Іноді резиніт вповнює клітинні порожнини структурних тканин, набуваючи форму цих клітин. Майже повсюдно, хоча і в невеликій кількості, спостерігається кутиніт. Тонкий або злегка потовщений, гладкий або з характерними зубчиками, кутиніт часто облямовує листові пластинки (рис. 3, и), рідше присутній у вигляді скупчень. Мікроекзініт має форму тонких вигнутих штрихів або тілець неправильної чи овальної форми, в атриті мікроекзініт розташований нерівномірно, без певної орієнтації. В шліфах спостерігається своєрідний безструктурний компонент жовтого кольору з пиловидними виділеннями коричневого кольору — бітумініто-десміт (бітумініт) (рис. 3, е) (Игнатченко, Зайцева, 1980). Термін бітумініт для мацералів групи ліптиніту був введений у 1975 р. (ICCP-System, 1994). Деякі дослідники часто пов'язують цей мікрокомпонент з ліптодетринітом, «аморфним бітумом» сапропелевого вугілля, продуктом розкладан-

ня водоростей (Штах и др., 1978). Можливо, бітумініто-десміт є продуктом найбільшого розкладання суберинових тканин. Його кількість в деяких типах вугілля досягає 45—70 % органічної речовини.

Мінеральні компоненти в шліфах нечисленні. Вони представлені в основному різнозернистими і різнообкатаними зернами кварцу і їх лінзовидними скупченнями. У вигляді поодиноких лінз або смужок зустрічається глинистий матеріал. Іноді спостерігаються пластиночки слюди, дрібні конкреції або кристали піриту, поодинокі прояви псевдоморфоз піриту по рослинній тканині, по тріщинах іноді зустрічається кальцит.

За співвідношенням груп мікрокомпонентів виділені наступні петрографічні типи вугілля (Петрографические..., 1975): геліти, ліпоідо-геліти, ліпоідо-гелітиту, ліпоідо-фюзиніто-гелітиту, геліто-ліпоідотити.

Геліти. У вугіллі цього типу вміст гумініту становить від 88 до 96%, ліптиніту — 2—10 %, інертиніту — 2—5 %. В атриті вугілля без певної орієнтації розташовані фрагменти групи гумініту, які зберегли первинну рослинну структуру. Нечисленні компоненти інертинітової групи представлені в основному склеротинітом. Ліпоїдні компоненти спостерігаються у вигляді структурного субериніту і резиніту. За мікроструктурою геліти фрагментарно-атритові, атритово-фрагментарні і фрагментарні. Основними мінеральними компонентами гелітів є кварц, глинисто-алевритовий матеріал, пірит. За макроскопічною характеристикою геліти відносяться в основному до I і II груп вугілля. Виняток становлять геліти, що складаються з продуктів слабкої гуміфікації хвойних деревних тканин. Вони відносяться до слабо ущільненого або щільного світлого вугілля в основному IV групи.

Ліпоідо-геліти. Вугілля містить 76—89 % мікрокомпонентів групи гумініту, переважають змішаний атрит і фрагменти структурних тканин. Кількість компонентів групи ліптиніту досягає 11—25 %. Вони частіше представлені структурним суберинітом або його атритом, а також резинітом і кутинітом. Компоненти групи інертиніту — орто- і нігро-склеротиніт — складають 1—5 %. Ліпоідо-геліти мають фрагментарно-атритову і атритово-фрагментарну мікроструктуру. Склад мінеральних компо-

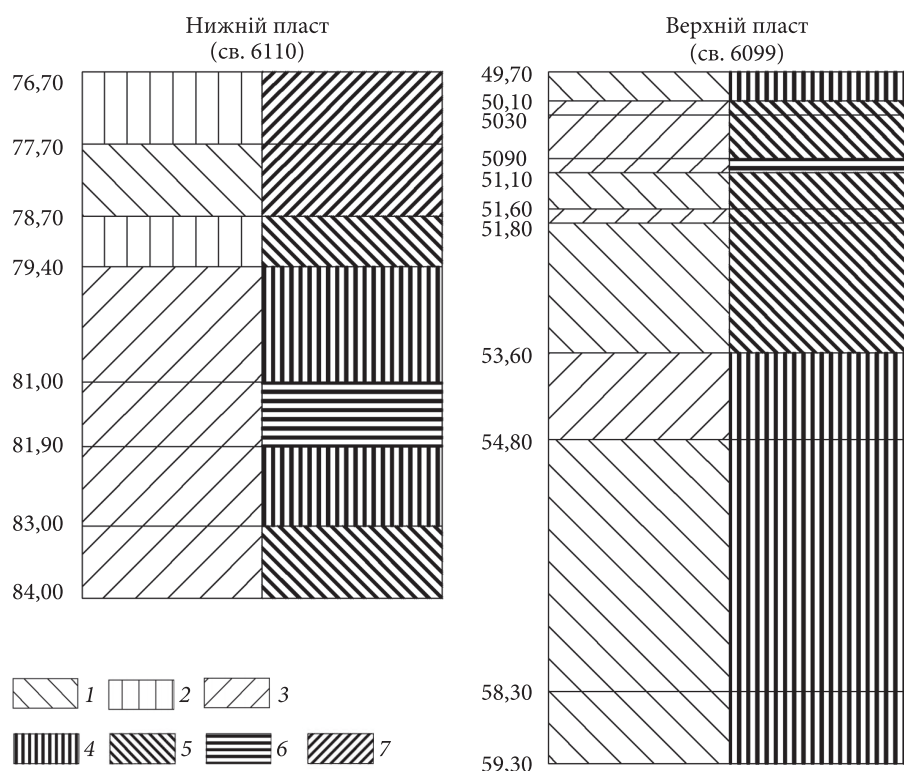


Рис. 4. Групи і петрографічні типи вугілля Сула-Удайського родовища: 1 — група темно-коричневого вугілля; 2 — група коричневого вугілля; 3 — група світло-коричневого вугілля; 4 — геліт; 5 — ліпоїдо-геліт; 6 — ліпоїдо-геліт; 7 — ліпоїдо-фюзиніто-геліт. Цифри ліворуч колонки — глибина відбору зразків (м)

Fig. 4. Coals groups and petrographic types of the Sula-Udaiske deposit: 1 — dark brown coals group; 2 — brown coals group; 3 — light brown coals group; 4 — gelite; 5 — lipoid-gelite; 6 — lipoid-gelitite; 7 — lipoid-fusinite-gelitite. The numbers on the left of the columns are the depth of sampling (m)

нентів близький до складу в гелітах. За співвідношенням зовнішніх ознак ліпоїдо-геліти відносяться головним чином до II групи.

Ліпоїдо-гелітиту. Вугілля містить 52—72 % гумініту, 26—48 % ліптиніту, 1—3 % інертиніту. Вугілля в основному складається із змішаного атриту групи гумініту з включеннями фрагментів рослинних тканин різного ступеня збереження. Компоненти групи ліптиніту представлені структурним суберинітом і суберино-атритом, а також кутинітом і резинітом. За характером мікроструктури вугілля частіше фрагментарно-атритове. Мінеральні компоненти представлені глинисто-алевритовим матеріалом, дрібними зернами кварцу, піритом. За макроскопічною характеристикою ліпоїдо-гелітиту в своїй більшості відповідають III, частково II групам.

Ліпоїдо-фюзиніто-гелітиту. Кількість компонентів групи гумініту становить 57—67 %, групи ліптиніту 15—21 %, групи інертиніту 18—22 %. Вугілля цього типу характеризується

збільшенням присутності компонентів інертиніту, які представлені орто- і нігро-склеротинітом, дрібними фрагментами семіфюзиніту і фюзиніту, а також атритом окислених тканин. Структурні компоненти групи гумініту спостерігаються рідко, частіше зустрічається атрит. Мінеральні компоненти представлені в основному глинисто-алевритовим матеріалом, кварцовими зернами, піритом. Мікроструктура вугілля фрагментарно-атритова. У більшості випадків цей тип відповідає III, іноді II групам.

Геліто-ліпоїдотиту. У вугіллі переважають мікрокомпоненти групи ліптиніту (51—75 %). Підвищений вміст ліпоїдних компонентів у вугіллі залежить в основному від наявності бітумініту-десміту (до 65 %). Кількість інших ліпоїдних мікрокомпонентів невелика: кутиніт 10—12 %, екзиніт 4—5 %, резиніт до 10 %, субериніт до 20 %. Мікрокомпоненти гумініту складають до 24—48 % і представлені в основному ксило-, паренхо-, фелініто-атритом (24—40 %), доплеринітом (1—8 %), поодинокими вклю-

ченнями структурних тканин, десмітом. Мікрокомпоненти групи інертиніту (нігро-склеротиніт, іноді семіфюзиніт) становлять 1—4 %. Мінеральні компоненти — глинисто-алевритовий матеріал, дрібні зерна кварцу, пірит, каолінит. Мікроструктура вугілля визначається наявністю в ньому бітумініто-десміту. Таку будову можна назвати атрито-десмітовою. За зовнішніми ознаками геліто-ліпоїдотити відносяться до III групи.

Петрографічні типи вугілля не завжди чітко відносяться до певної групи вугілля, визначеною за макроскопічними ознаками. Проте необхідно підкреслити відповідність гелітів в основному I групі. Ліпоїдо-геліти, частково геліти, ліпоїдо-гелітити і ліпоїдо-фюзиніто-гелітити за зовнішніми ознаками відносяться до II групи. Геліто-ліпоїдотити, а також значна частина ліпоїдо-гелітитів і ліпоїдо-фюзиніто-гелітитів відповідають III групі. До IV групи віднесені фрагментарні геліти (лігніти), в яких мікроскопічні дослідження виявили переважання добре збережених деревинних тканин хвойних, в меншій мірі покритонасінних.

На рис. 4 показані групи і типи вугілля, що характеризують Нижній і Верхній пласти.

У Нижньому пласті найбільш поширені ліпоїдо-геліти, ліпоїдо-гелітити і ліпоїдо-фюзиніто-гелітити (до 63 %). Вугілля характеризується невисоким ступенем дезінтеграції рослинного матеріалу. Переважає вугілля з атритово-фрагментарною мікроструктурою.

У Верхньому пласті превалюють геліти і ліпоїдо-геліти (до 69 %). Тут ступінь розкладання рослинного матеріалу вищий, ніж у Нижньому пласті. Мікроструктура вугілля частіше фрагментарно-атритова. Це свідчить про меншу швидкість поховання торфовища, що дало початок вугіллю Верхнього пласта.

Наявність різних петрографічних типів у розрізі пластів пов'язана з циклічною мінливістю рослинного матеріалу, що, за Л.М. Ботвінкіною і В.П. Алексеевим (Ботвінкина, Алексеев, 1991), іменується торфоциклічністю. Торфоциклічність визначається різним співвідношенням в окремих прошарках різних видів торфотвірних рослин, неоднорідністю їх залишків і неоднаковим ступенем збереження рослинного матеріалу.

Циклічний розподіл петрографічних типів вугілля, що пов'язаний насамперед з різними умовами накопичення і розкладання органічного матеріалу, зумовлений характером геотектонічного режиму. Геотектонічний режим визначає палеогеографічні умови осадко- і торфонакопичення, швидкість нагромадження рослинного матеріалу і занурення заболоченої території, ступінь обводнення і проточності торфовищ, що, в свою чергу, визначає масштаби діяльності мікроорганізмів.

Паралельно з петрографічними були проведені дослідження якості вугілля Сула-Удайського родовища. Якість вугілля низького ступеня вуглефікації залежить від багатьох генетич-

Показники якості вугілля різних петрографічних типів Сула-Удайського родовища (за даними авторів)
Indicators of the quality of coals of different petrographic types in the Sula-Udaiske deposit (according to the authors data)

Тип вугілля	W^{daf}	A^d	S^{dt}	V^{daf}	Q_s^{daf}	C^{daf}	H^{daf}	Бітуми	Гумінові кислоти
Геліти	9,1—13,3	9,0—26,9	0,58—1,87	54,0—58,9	24,3—26,7	59,6—67,3	4,6—6,5	2,3—5,2	53,8—60,1
Ліпоїдо-геліти	8,6—12,5	7,5—23,4	0,39—1,75	53,6—61,4	25,6—27,9	61,4—67,8	4,8—6,5	1,6—6,0	55,6—69,1
Ліпоїдо-гелітити	8,1—10,3	11,6—24,1	1,04—1,78	57,6—63,1	26,0—27,6	61,9—63,1	5,1—7,1	3,2—4,8	49,2—63,1
Ліпоїдо-фюзиніто-гелітити	7,8—9,0	22,2—32,9	1,83	60,3—65,6	27,7	62,6—64,1	5,0—6,6	2,6—3,7	47,4
Геліто-ліпоїдотити	5,7—11,8	12,3—42,3	1,14—1,67	55,7—62,9	26,3—29,7	62,4—67,4	5,2—7,5	4,9	53,8—68,6
Лігніти	6,0—10,1	7,3—12,1	0,68—1,50	55,4—67,0	24,8—30,0	59,9—64,3	4,4—5,6	—	5,0—18,9

Примітка: W^{daf} — вологість на беззолюну масу (%); A^d — вміст золи на суху масу (%); S^{dt} — вміст сірки на суху беззолюну масу (%); V^{daf} — вихід летючих на суху беззолюну масу (%); Q_s^{daf} — теплотворна здатність (МДж/кг); C^{daf} , H^{daf} — вміст відповідно вуглецю і водню на суху беззолюну масу (%).

Note: W^{daf} — wetness on the ash-free mass basis (%); A^d — ash content on the dry mass basis (%); S^{dt} — sulfur content on the ash-free mass basis (%); V^{daf} — volatile yield on the dry ash-free mass basis (%); Q_s^{daf} — calorific value (MJ/kg); C^{daf} , H^{daf} — content of carbon and hydrogen, respectively, on the dry ash-free mass basis (%).

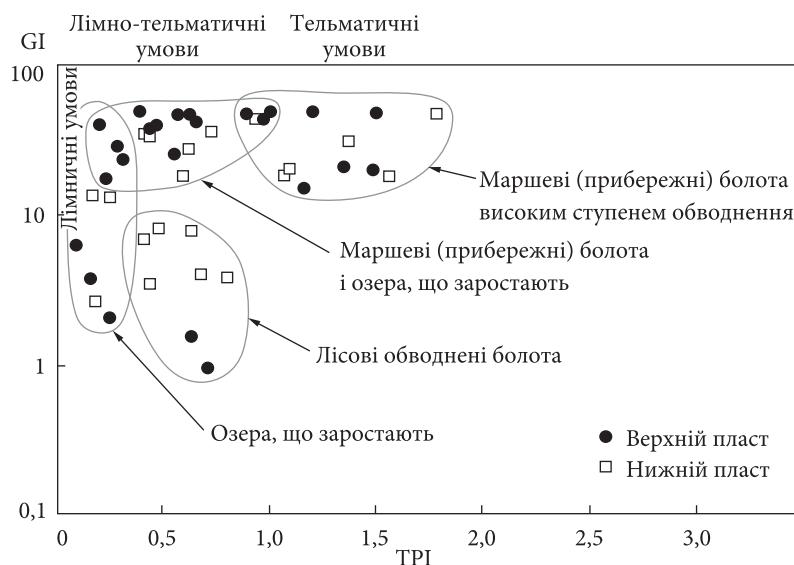


Рис. 5. Діаграма умов накопичення торфу
 Fig. 5. Diagram of peat accumulation conditions

них факторів: похідного рослинного матеріалу, умов його накопичення, постдіагенетичних змін. Перехід торфу у буре вугілля відбувається поступово, нерівномірно. Границя «торф—вугілля» відповідає вмісту вуглецю у вугіллі (Кирюков, 1976). У торфах його вміст не перевищує 62 %, у бурому вугіллі — 65—70 %. Якісна характеристика петрографічних типів вугілля наведена в таблиці.

Більш висока вологість характерна для гелітів і ліпоїдо-гелітів. Показники вмісту золи змінюються в широких межах, дещо підвищеною зольністю характеризуються ліпоїдо-фюзиніто-гелітити і геліто-ліпоїдотити. Вугілля мало- і середньосірчисте. Вугілля різних петрографічних типів за виходом летючих речовин чітко не диференційоване. В цілому гелітове вугілля дає менший вихід летючих. Для всіх типів вугілля максимальний вміст вуглецю складає 63—68 %. Вміст водню поступово зростає від лігнітів і гелітів до ліпоїдо-гелітитів і геліто-ліпоїдотитів. Наведені якісні характеристики в основному відповідають петрографічному складу вугілля і закономірностям залежності хімічного складу бурого вугілля від його генетичного типу і ступеня вуглефікації (Богданова, 1968).

П.Ф. Марченком і М.І. Каміною у 1973 р. була виконана порівняльна характеристика якості вугілля Нижнього і Верхнього пластів. За даними цих дослідників, вугілля пластів за вмістом вуглецю і виходом летючих речовин мож-

на віднести до «хімічно незрілого вугілля». Вугілля належить до високозольного (до 25 % у Верхньому пласті). Вміст гумінових кислот мінливий, але особливо високий у вугіллі Нижнього пласта. Високий вихід гумінових кислот дозволяє розглядати вугілля як сировину для виробництва вугільно-лужного реагенту гумінових добрив. Кількість бітуму тільки в поодиноких випадках досягає 9 % у вугіллі Нижнього пласта. За даними Ф.Я. Саприкіна, І.Е. Вальц та ін. (1970 р.), вугілля Нижнього пласта характеризується більш високими показниками теплоти згорання (до 27—29 МДж/кг) в порівнянні з вугіллям Верхнього пласта.

Обговорення результатів: генезис вугілля

Основними торфоутворювачами вугільних пластів берецької світи в межах Дніпро-Донецької буровугільної площі були представники голонасінних рослин *Cupressaceae* (*Taxodium*, *Sequoia*, *Glyptostrobus*), меншою мірою *Pinaceae* (*Picea*, *Cedrus*, *Tsuga*, *Pseudolarix*), а також покритонасінних теплолюбних рослин, наприклад *Juglandaceae* (*Juglans*, *Carya*), *Fagaceae*. Для фітоценозів торфовищ були характерними представники ендеміків тропічної і субтропічної флори, що свідчить про теплий вологий клімат того часу. Представники рослин помірною клімату (*Betulaceae*, *Salicaceae*) мали незначне поширення (Михелис, Крузіна, Узіюк, 1970; Михелис, 1971).

Похідним матеріалом вугілля родовища слугували стеблини, деревні і корові тканини, рештки листя, корінців, оболонки мікроспор і пилку, кутикула. Початкова стадія перетворення рослинного матеріалу відбувалася в торфогенному шарі, потужність якого не перевищувала декількох десятків сантиметрів. У перетворенні органічного матеріалу основну роль відіграли процеси дезінтеграції, біохімічної гуміфікації, частково процеси геліфікації та окислення (фюзенізації). У різних тканинах і різних видах рослин (трав'янистих, чагарникових, деревних) ці процеси протікали неоднаково. В процесі дезінтеграції, в результаті якої відбувалося подрібнення тканин до атриту, велике значення, напевне, мала життєдіяльність грибів класу Базиноміцетів. Під впливом аеробних мікроорганізмів одночасно з дезінтеграцією відбувалася біохімічна гуміфікація. Невисокі темпи дезінтеграції і біохімічної гуміфікації можуть бути пов'язані з підвищеним вмістом золи торфовищ і досить високою швидкістю їх поховання, що, за П.П. Тимофєєвим (Тимофеев, 2006), затримує біохімічні процеси. Процеси первинної геліфікації, що відбуваються в анаеробних умовах нижче торфогенного шару, обмежувалися слабким набряком тканин рослин і появою доплериту. Процеси фюзенізації пов'язані з окисно-відновними реакціями на торфовищах. Походження деяких фюзенізованих компонентів, можливо, зумовлене лісовими пожежами.

При реконструкції умов накопичення торфугу за мікрокомпонентним складом вугілля методом С.Ф.К. Дісселя (Diessel, 1986, 1992) було використано два параметри: 1) індекс збереження рослинної тканини ТРІ, який є мірою зволоження торфовищ, ступеня гуміфікації первинної органічної речовини і внеску у формування торфугу лісової рослинності та визначається як співвідношення вмісту структурних тканин до безструктурних, 2) індекс геліфікації GI, що відображає умови зволоження торфовищ і визначається як співвідношення вмісту геліфікованих тканин до фюзенізованих.

На діаграмі (рис. 5) видно, що при формуванні вугілля Нижнього і Верхнього пластів торфонакопичення відбувалося в основному в зоні болотистої прибережної низовини під впливом морської обстановки (маршові болота, тельматичні умови), частково в межах озерно-болотної прибережної низовини (лімно-тель-

матичні умови), а також в умовах озер, що заростають, та обводнених лісових боліт. Крім того, в межах прибережної низовини торфовища, що відповідають Верхньому вугільному пласту, були більш обводнені, що сприяло процесам геліфікації. Це, можливо, пояснює факт переважаючого гелітів і ліпоідо-гелітів у Верхньому пласті та збільшення ролі ліпоідо-гелітів і ліпоідо-фюзиніто-гелітитів у Нижньому.

Висновки

Формування палеогенової буровугільної формації Сула-Удайського родовища було приурочене до епохи альпійського тектогенезу. Геодинамічна обстановка в олігоцені сприяла процесам утворення торфугу на локальних площах, розташованих у межах компенсаційних прогинів, які виникли поблизу окремих куполів або пов'язані з декількома зближеними куполами.

Палеогенова буровугільна формація — це багатофазальне утворення, що являє собою цикл осадконакопичення, однією з фацій якого є вугілля. Склад циклу осадконакопичення визначався платформним геотектонічним режимом із слабкими тектонічними рухами.

За кількісним співвідношенням груп мікрокомпонентів вугілля поділяється на ряд петрографічних типів (геліти, ліпоідо-геліти, ліпоідо-гелітити, ліпоідо-фюзиніто-гелітити, гелітоліпоідогеліти), що чергуються в розрізі пласта завдяки циклічній зміні умов торфонакопичення в процесі його формування. Переважаючими типами вугілля є геліти, ліпоідо-геліти і ліпоідо-гелітити, які складають до 85 % вугільного розрізу.

Накопичення торфугу відбувалося в умовах прибережно-морської низовини, а також в умовах озер, що заростають, та обводнених лісових боліт. Під час формування Верхнього пласта в межах прибережної низовини, на відміну від Нижнього, торфовища були більш обводнені, з більш повільними темпами поховання, що призвело до утворення в цьому пласті вугілля гелітового складу з фрагментарно-атритовою мікроструктурою.

Автори висловлюють щире вдячність анонімному рецензенту за виявлену увагу і конструктивні зауваження, які дозволили доповнити і значно поліпшити представлену роботу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Атлас геологического строения и нефтегазоносности Днепровско-Донецкой впадины: Арсирий Ю.А. (ред.). Киев: Мингео УССР, 1984. 190 с.
- Богданова М.В. Закономерности изменения бурых углей Украины в процессе углефикации. *Вопросы метаморфизма углей и эпигенез вмещающих углей*. Ленинград: Наука, 1968. С. 25—36.
- Ботвинкина Л.Н., Алексеев В.П. Цикличность осадочных толщ и методика ее изучения. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1991. 336 с.
- Державна геологічна карта України м-бу 1:200 000 (Держгеолкарта-200). (1998). [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. — Електронні дані. — Режим доступу: <http://geoinf.kiev.ua/wp/kartograma.htm> (Дата звернення: 06.07.2021).
- Егоров А.И. Угленосные и горючесланцевые формации Европейской части СССР. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1985. 192 с.
- Зосимович В.Ю., Шевченко Т.В. Палеогенові відклади Північноукраїнської палеоседиментаційної провінції. *Зб. наук. пр. Ін-ту геол. наук НАН України*. 2015. Т. 8. С. 68—121.
- Іванишин В.А. Про геологічний розвиток Жданівської депресії від пізньовізейського часу до кайнозойської ери. *Геолог України*. 2008. № 4. С. 53—64.
- Игнатченко Н.А., Зайцева Л.Б. Угли палеоген—неогена Днепровско-Донецкой угленосной площади. Киев, 1980. 56 с.
- Игнатченко Н.А., Зайцева Л.Б. Вещественно-петрографический состав и качество углей палеогена—неогена. *Угленосные формации и вещественный состав углей Днепровско-Донецкой впадины*. Киев: Наук. думка, 1990. С. 189—199.
- Кирюков В.В. Буроугольная стадия углеобразования. Ленинград: Изд-во ЛГУ, 1976. 182 с.
- Кирюков В.В. Природные модели углеобразования — лигниты буроугольной стадии. *Геология угольных месторождений: Межвуз. науч. темат. сб.* Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. горн. ун-та, 2006. Вып. 16. С. 65—75.
- Михелис А.А. Вещественный состав и строение буроугольных пластов Донбасса и Днепровско-Донецкой впадины. *Геология угольных месторождений*. Т. 2. Москва: Наука, 1971. С. 201—209.
- Михелис А.А., Крузина А.Х., Узиюк В.С. Палинологические исследования опорного разреза палеоген-неогеновых отложений северо-западной окраины Донбасса. *Геол. журн.* 1970. Т. 30, № 1 (130). С. 56—61.
- Петрографические типы углей СССР: Любер А.А. (ред.). Москва: Недра, 1975. 248 с.
- Петрологический атлас ископаемого органического вещества России: Петров О.В. (ред.). Санкт-Петербург: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. 604 с.
- Тимофеев П.П. Эволюция угленосных формаций в истории Земли. Москва: Наука, 2006. 204 с.
- Устиновский Ю.Б. Киммерийско-альпийский формационный комплекс. *Угленосные формации и вещественный состав углей Днепровско-Донецкой впадины*. Киев: Наук. думка, 1990. С. 60—75.
- Чирвинская М.В., Соллогуб В.Б. Глубинная структура Днепровско-Донецкого авлакогена по геофизическим данным. Киев: Наук. думка, 1980. 180 с.
- Штах Э., Тейхмюллер М., Маковски М.-Т., Тейлор Г., Чандра Д., Тейхмюллер Р. Петрология углей. Москва: Мир, 1978. 554 с.
- Diessel C.F.K. The correlation between coal facies and depositional environments. *Advances in the Study of the Sydney Basin: Proc. 20th Symp. Newcastle: Univ. of Newcastle*, 1986. P. 19-22.
- Diessel C.F.K. Coal-Bearing Depositional Systems. Berlin: Springer-Verlag, 1992. 721 p.
- ICCP System 1994. Classification of liptinite. *International Journal of Coal Geology*. 2017. Vol. 169. P. 40-61.
- ISO 7404-3. Methods for the petrographic analysis of coals. Part 3. Method of determining maceral group composition. International Organization for Standardization, 2009. 8 p.
- Zaitseva L.B., Ivanova A.V. Formation Conditions of the Paleogene—Neogene Coals in the Dnieper-Donets Coal-Bearing Area (Evidence from the Pesochansk Salt Dome). *Lithology and Mineral Resources*. 2020, Vol. 55, № 4, P. 316-325.

Надійшло до редакції 01.08.21

Надійшло у ревізованій формі 04.10.21

Прийнято 06.10.21

REFERENCES

- Arsiriy, Yu.A. (Ed.). (1984). Atlas of the geological structure and oil and gas potential of the Dnieper-Donets Basin. Kiev: Publ. UkrSSR Ministry of Geology (in Russian).
- Bogdanova, M.V. (1968). Regularities in the alteration of brown coals in the Ukraine in the course of coalification. In: *Issues of the Metamorphism of Coals and Epigenesis of Host Coals*. Leningrad: Nauka, p. 25-36 (in Russian).
- Botvinkina, L.N., Alekseev, V.P. (1991). Cyclicity of sedimentary strata and methods of its study. Sverdlovsk: Ural University (in Russian).
- Chirvinskaya, M.V., Sollogub, V.B. (1980). Deep Structure of the Dnieper-Donets Aulacogen from Geophysical Data. Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
- Diessel, C.F.K. (1986). The correlation between coal facies and depositional environments. *Advances in the Study of the Sydney Basin: Proc. 20th Symp. Newcastle: Univ. of Newcastle*, p. 19-22.
- Diessel, C.F.K. (1992). Coal-Bearing Depositional Systems. Berlin: Springer-Verlag.
- Egorov, A.I. (1985). Coaliferous and Oil Shale Formations in the European Part of the Soviet Union). Rostov-na-Donu: RGU (in Russian).

- ICCP System 1994. Classification of liptinite (2017). *International Journal of Coal Geology*, 169, 40-61.
- Ignatchenko, N.A., Zaitseva, L.B. (1980). Paleogene—Neogene Coals in the Dnieper-Donets Coal Field. Kyiv: IGN AN UkrSSR (in Russian).
- Ignatchenko, N.A., Zaitseva, L.B. (1990). Lithopetrographic composition and quality of Paleogene—Neogene coals. In: Coaliferous Formations and Mineral Composition of Coals in the Dnieper-Donets Basin. Kyiv: Naukova Dumka, p. 189-199 (in Russian).
- ISO 7404–3. Methods for the petrographic analysis of coals. Part 3. Method of determining maceral group composition (2009). International Organization for Standardization, 8 p.
- Ivanyshyn, V.A. (2008). On the geological development of the Zhdanivska depression from the late Viseu period to the Cenozoic era. *Geoloh Ukrainy*, 4, 53-64 (in Ukrainian).
- Kiryukov, V.V. (1976). Brown-coal stage of coal formation. Leningrad: Publishing house of LGU (in Russian).
- Kiryukov, V.V. (2006). Natural models of coal formation: Lignites of the brown coal stage. In: Geology of Coal Deposits. Yekaterinburg: Ural. Gos. Gorn. Univ., iss. 16, p. 65-75 (in Russian).
- Lyuber, A.A. (Ed.). (1975). Petrographic Types of USSR Coals. Moscow: Nedra (in Russian)
- Mikhelis, A.A. (1971). Composition and structure of brown coal seams in the Donbas and Dnieper-Donets Depression. In: *Geology of Coal Deposits*, vol. 2. Moscow: Nauka, p. 201-209 (in Russian).
- Mikhelis, A.A., Kruzina, A.Kh., Uziyuk, V.I. (1970). Palynological investigation of the Paleogene—Neogene key section in the NW Donbas. *Geologichnij zurnal*, 30, 1 (130), 56-61 (in Russian).
- Petrov, O.V. (Ed.). (2006). Petrological Atlas of Fossil Organic Matter of Russia. Saint Petersburg: VSEGEI. (in Russian).
- Stach, E., Mackowsky, M.-Th., Teichmüller, M., Taylor, G.H., Chandra, D., Teichmüller, R. (1978). Coal Petrology, Berlin. Translated under the title *Petrologiya uglei*, Moscow: Mir (in Russian).
- State Geological Map of Ukraine at a scale of 1 : 200 000 (Derzhgeolokarta-200). (1998). Retrieved from <http://geoinf.kiev.ua/wp/kartograma.htm> (accessed 06 July 2021) (in Ukrainian).
- Timofeev, P.P. (2006). Evolution of the coal-bearing formations in the Earth's history. Moscow: Nauka (in Russian).
- Ustinovsky, Yu.B. (1990). Cimmerian-Alpine Formation Complex. In: The coal bearing formations and matter composition of coals of Dnieper-Donets depression. Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
- Zaitseva, L.B., Ivanova, A.V. (2020). Formation Conditions of the Paleogene—Neogene Coals in the Dnieper-Donets Coal-Bearing Area (Evidence from the Pesochansk Salt Dome). *Lithology and Mineral Resources*, 55 (4), 316-325.
- Zosimovich, V.Yu., Shevchenko, T.V. (2015). Paleogene deposits of the Northern Ukraine paleosedimentary province. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu heolohichnykh nauk NAN Ukrainy [Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України]*. 8, 68-121 (in Ukrainian).

Received 01.08.21

Received in revised form 04.10.21

Accepted 06.10.21

Zaitseva L.B, Ivanova A.V.*, Gavryltsev V.B.

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

E-mail: l.b.zaitseva@gmail.com; ariadna.v.ivanova@gmail.com; gavryltsev@gmail.com

* Corresponding author

FORMATION CONDITIONS OF THE PALEOGENE COALS IN THE SULA-UDAISKE DEPOSIT OF THE DNEIPER-DONETS COAL-BEARING AREA

We studied brown coals in the Sula-Udaiske deposit, located within the Dnieper-Donets coal-bearing area, in the vast Sukhonosivsko-Romodaniivsky compensation trough, which was formed as a result of the growth of the Logovikivska, Poznyakivska, Vysachkivska, Romodaniivska, Hasenkivska salt-dome structures. The trough is filled with Paleogene-Neogene and Quaternary sediments. The Beretska formation of Paleogene is coal-bearing. It contains five coal seams, of which the most regular seams of working height are the Lower, which lies at the base of the coal-bearing strata, and the Upper, which completes the section. The brown coal deposit is confined to the deepest part of the trough and wedges out to its periphery. It is shown that the Paleogene brown coal formation is a multifacial structure that constitutes a cycle of sedimentation, one of the facies of which is coal. The composition of the sedimentation cycle was determined by the geotectonic regime, which defined the paleogeographic conditions, the rate of subsidence of the wetland, the degree of watering and flow of peatlands, and the scale of microbial activity. According to the groups of microcomponents quantitative ratio, brown coal is divided into petrographic types alternating in the section of the seam due to the cyclical change in the conditions of peat accumulation. Peat cyclicity is determined by different ratios in separate interlayers of different types of peat-forming plants, by heterogeneity of their remains and unequal degree of preservation of plant material. The predominant types of coal are gelites, lipid-gelites and lipid-gelites, which make up 85% of the coal mine. In terms of quality indicators, the studied coals correspond to brown coals of a low coalification degree. It was found that the peat accumulation during the formation of working height layers occurred in the coastal sea lowland conditions, as well as in the conditions of overgrown lakes and flooded forest swamp.

Keywords: peat accumulation; brown coal; coal-bearing; microcomponents; petrographic types of coals.