

УДК (553.96:552)(477)

## РЕКОНСТРУКЦИЯ УСЛОВИЙ ОСАДКО- И ТОРФОНАКОПЛЕНИЯ ПО ВЕЩЕСТВЕННО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКОМУ СОСТАВУ УГЛЕЙ ВЕРХНЕДНЕПРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДНЕПРОБАССА

© 2021 г. А. В. Иванова<sup>а, \*</sup>, Л. Б. Зайцева<sup>а</sup>, В. Б. Гаврильцев<sup>а</sup>

<sup>а</sup>Институт геологических наук НАН Украины,  
ул. Гончара, 55б, Киев-54, 01601 Украина

\*e-mail: ariadna.v.ivanova@gmail.com

Поступила в редакцию 13.12.2020 г.

После доработки 25.02.2021 г.

Принята к публикации 26.04.2021 г.

В статье приводятся результаты исследования бурых углей Верхнеднепровского месторождения, расположенного в северо-восточной части Днепровского бурогоугольного бассейна в пределах Среднеднепровской глыбы Украинского щита. Показано, что формирование палеогеновой бурогоугольной формации Днепробасса происходило в среднем эоцене при опускании Среднеднепровской глыбы и трансгрессии моря со стороны Днепровско-Донецкой впадины в эрозионно-тектонические палеодолины. Охарактеризованы условия развития бурогоугольной формации палеогена, соответствующей единому полифациальному циклу осадконакопления, одной из фаций которого является уголь. Устанавливается, что наличие различных петрографических типов угля в разрезе пласта и их циклическое распределение, связанное прежде всего с разными условиями накопления и разложения органических остатков, обусловлено характером геотектонического режима. Торфонакопление, в зависимости от положения торфяника в палеодолине, происходило в условиях прибрежной низменности под влиянием морской обстановки или в зарастающих озерах. Повышенную битуминозность изученных углей и высокое содержание в битумах воска следует объяснять не только их обогащенностью липтинитом и участием в исходном материале значительного количества тканей воскосодержащих растений, но и специфическими условиями разложения растительного материала торфяников под влиянием морской воды.

*Ключевые слова:* Днепробасс, торфонакопление, угленосность, бурый уголь, битум, воск.

**DOI:** 10.31857/S0024497X21050025

Важность изучения особенностей геологического строения и условий формирования бурогоугольных месторождений Днепровского бурогоугольного бассейна (Днепробасса) обусловлена распространением уникальных битумосодержащих углей, которые являются мощной сырьевой базой производства бурогоугольного воска – ценнейшего сырья для многих отраслей промышленности. Одним из наиболее перспективных с точки зрения высокого содержания битумов в углях и их добычи является Верхнеднепровское месторождение.

Освещению геологического строения Днепробасса, условий формирования слагающих его пород, угленосности, петрографического состава и качества углей, в т.ч. вопросов их генезиса и битуминозности, посвящены работы многих исследователей, среди которых И.Е. Слензак [1946], П.Г. Нестеренко [1957], В.Т. Сябряй [1958, 1959, 1962], Ю.А. Богач [1980], Н.А. Игнатченко, Л.Б. Зайцева [1981, 1982], А.Я. Радзивилл,

С.А. Гуридов, М.А. Самарин и др. [Днепровский ..., 1987] и др. Однако несмотря на довольно высокую степень изученности бассейна до сих пор не существует единого мнения о роли палеотектонических факторов и палеогеографических условий в формировании вещественно-петрографического состава углей и их различных петрографических типов. Не решена также проблема генезиса битумосодержащих углей.

Целью настоящего исследования является реконструкция условий осадко- и торфонакопления по данным о вещественно-петрографическом составе углей Верхнеднепровского месторождения; в основные задачи входило изучение закономерностей размещения основных типов углей в угольном пласте, выявление признаков цикличности осадконакопления бурогоугольной формации, выяснение условий формирования битумов с высоким содержанием воска в углях.

Для исследования использовались образцы бурых углей, отобранные в угольном пласте из 16 скважин северо-западного участка месторождения, и одной скважины, расположенной в пределах юго-западной части месторождения. Макроскопическое описание керна позволило подразделить угли на группы по цвету и плотности. В результате микроскопического изучения 150 петрографических шлифов в проходящем поляризованном свете на микроскопе МБИ-6 и подсчета микрокомпонентов были выделены основные типы углей месторождения. Химические анализы проводились в лабораториях геологических производственных объединений. Авторами использовались результаты 146 определений элементного состава углей и технических показателей их качества, а также 144 определения химического состава золы. Основные результаты проведенных исследований публикуются впервые.

### ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Приуроченность Днепробасса к Украинскому щиту (УЩ) обусловила особенности формирования осадочного комплекса, представленного ограниченно распространенными отложениями мезозоя и практически повсеместно развитыми образованиями кайнозоя. Осадочные отложения залегают на кристаллических породах докембрия и продуктах их выветривания. Кайнозойская группа отложений включает на территории бассейна отложения палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем.

Верхнеднепровское месторождение расположено в северо-восточной части бассейна, в пределах Среднеднепровской глыбы УЩ, выделенной А.А. Гойжевским по общим чертам гипсометрии фундамента и истории развития [Гойжевский, 1982] (рис. 1). Промышленная угленосность месторождения связана с песчано-глинистыми отложениями бучакской свиты. Они представлены кварцевыми разнородными песками с прослоями и линзами глин, песчаников, бурых углей и вторичных каолинов, общей мощностью 18–23 м, иногда достигающей 40 и более метров. В пределах месторождения прослеживается один пласт угля рабочей мощности, залегающий на глубине от 35 до 160 м (в пределах северо-западного участка – от 50 до 80 м). Мощность пласта в зависимости от положения в разрезе изменяется от 1 до 26.6 м, составляя в среднем 9 м. В западной части месторождения пласт имеет простое строение. Изредка выше и ниже пласта наблюдаются линзы угля. В восточной части месторождения пласт погружается на восток и юго-восток и имеет сложное строение. Угленосные отложения залегают на коре выветривания и перекрываются карбонатными песками и мергелями морского генезиса киевской свиты [Днепровский ..., 1987].

### УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПАЛЕОГЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И ИХ УГЛЕНОСНОСТЬ

На территории Среднеднепровской глыбы, к которой приурочено Верхнеднепровское месторождение, преобладающая высота кристаллического фундамента составляет 100–120 м, глубина эрозионного расчленения – 60–100 м, глубина древних долин – 40–60 м. Отличительной чертой Среднеднепровской глыбы является чередование узких мелких меридиональных блоков различной высоты и отсутствие осадков мезозоя и низов палеогена (палеоцена), т.к. в результате эпейрогенических движений альпийского тектогенеза эта структура занимала до конца раннего эоцена относительно высокое положение. К разломам, возникшим и развивавшимся со среднего протерозоя в консолидированном жестком фундаменте щита [Гойжевский, 1982; Старостенко и др., 2011; Гинтов, 2012], приурочены древние речные долины. Они сформировались в большинстве случаев в юре и были унаследованы меловыми и палеогеновыми палеодолинами. Дифференцированные движения блоков, развивавшиеся на фоне значительных эпейрогенических движений, сыграли основную роль в формировании речных долин и их размеров, морфологии русла, типа продольных профилей и пойм, характера и густоты эрозионного расчленения. Со среднего эоцена относительная высота Среднеднепровской глыбы стала уменьшаться. Все большую роль начала играть боковая эрозия, ведущая к расширению эрозионно-тектонических палеодолин. Кроме того, на особенности распределения осадочного чехла, его гипсометрию и характер древней речной сети оказали влияние перекосы щита и одностороннее (шарнирное) погружение и воздымание его склонов [Гойжевский, 1982].

Нижний эоцен, представленный на щите морскими мелководными осадками каневской свиты, в Верхнеднепровском угленосном районе отсутствует.

В среднем эоцене, в допиренейскую, по А.И. Егорову [1997], фазу, и частично на начальном этапе активизации пиренейской фазы альпийского тектогенеза (41–40 млн лет назад) [Трифонов, Соколов, 2018], опускание Среднеднепровской глыбы привело к трансгрессии моря со стороны Днепровско-Донецкой впадины (ДДв). По мнению А.А. Гойжевского [1982], в результате подпруживания морскими водами устьевых частей долин в них возникли условия, благоприятные для развития мощных торфяников. Размещение бучакских буроугольных залежей и их размеры определялись глубиной и шириной палеодолин, обусловленных в свою очередь характером тектонических движений. Торфонакопление в древних долинах происходило на обширных заболочен-

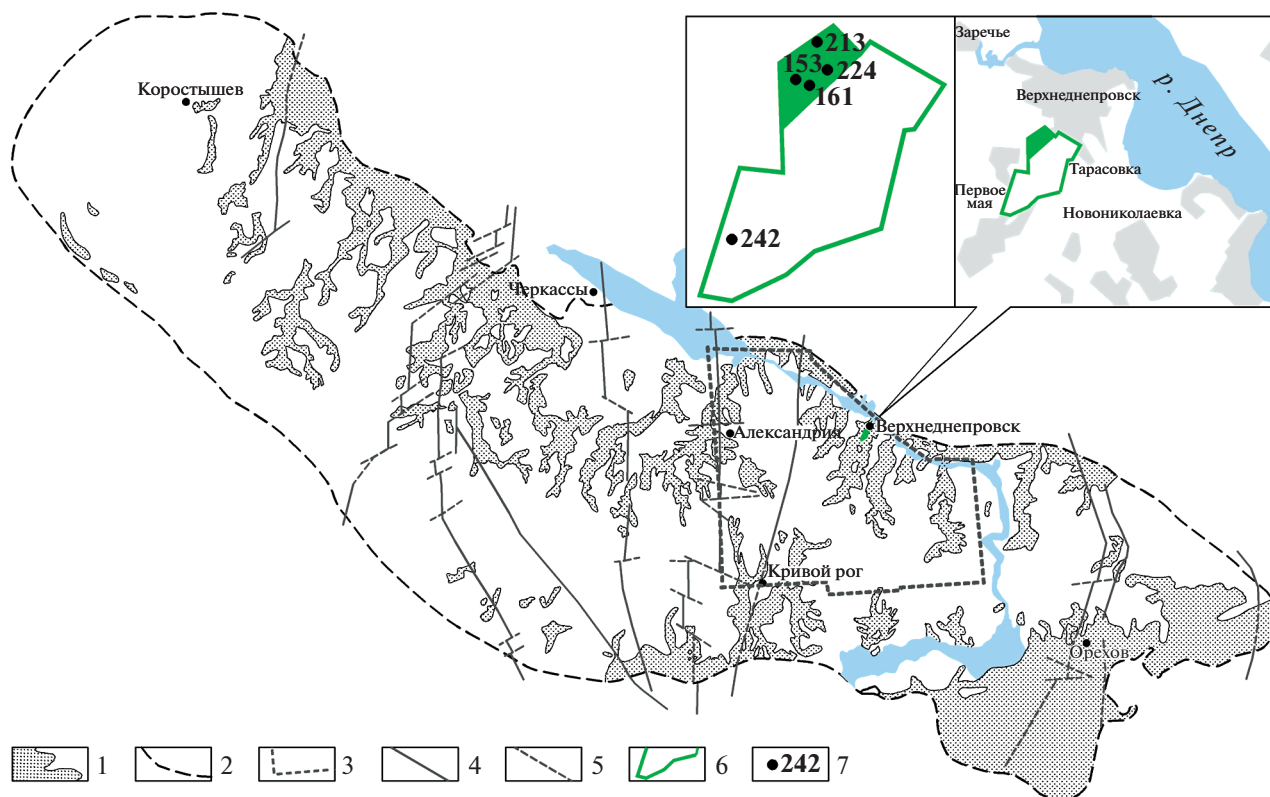


Рис. 1. Днепробасс [Днепровский ..., 1987].

1 – площади развития угленосных отложений бучакской свиты; 2 – граница Днепробасса; 3 – контуры Среднеднепровской глыбы Украинского щита; 4 – глубинные разломы; 5 – прочие разломы; 6 – контуры Верхнеднепровского месторождения (сплошной заливкой показан северо-западный участок); 7 – номера скважин.

ных участках, нередко распространявшихся не только на пойму, но также на надпойменные террасы и на пологие склоны долин, где развивались мелкие зарастающие озера.

Торфонакоплению предшествовало формирование в палеоцене–среднем эоцене каолинитовой коры выветривания. Непосредственно на коре выветривания залегают подугольный горизонт, представленный аллювиальными кварцевыми мелко- и среднезернистыми углистыми песками с прослоями углистых глин и вторичных каолинов общей мощностью от 10–15 до 30 м. Выше залегает пласт бурого угля (1–26.6 м), перекрытый песчано-алеврито-глинистыми углистыми отложениями с редкими прослоями вторичных каолинов и песчаников надугольного горизонта общей мощностью от долей до 15 м [Днепровский ..., 1987] (рис. 2).

В киевское время наступающее с северо-востока мелкое море обусловило накопление песчано-глинистых отложений с преобладающей мощностью 15–25 м, перекрывших угленосную толщу.

В позднем эоцене (обуховская свита) долины были уже полностью залиты морем, и в них отлагались кварцевые глауконитовые пески и песча-

нистые глауконитовые глины общей мощностью 10–20 м. Высота водораздельных пространств в виде полуостровов и мысов не превышала нескольких десятков метров.

Отложения олигоцена представлены осадками регрессирующего моря, а именно глауконитовыми некарбонатными глинистыми песками с прослоями глин и песчаников межгорской свиты мощностью 10–15 м. Отложения берекской свиты в пределах Днепробасса развиты ограниченно, на Среднеднепровской глыбе они отсутствуют.

В условиях обмелевшего миоценового моря формировались песчано-глинистые угленосные отложения новопетровской свиты мощностью 20–25 м, которые имеют островное распространение. Они перекрыты континентальными отложениями, представленными глинистыми песками и песчанистыми глинами верхнего миоцена мощностью от 0 до 30 м, чаще 1–2 м. Отложения четвертичного возраста, прорезанные древними и современными речными долинами и балками, представлены глинами, аллювиальными песками и суглинками общей мощностью 10–20 м [Гойжевский, 1982; Днепровский ..., 1987].

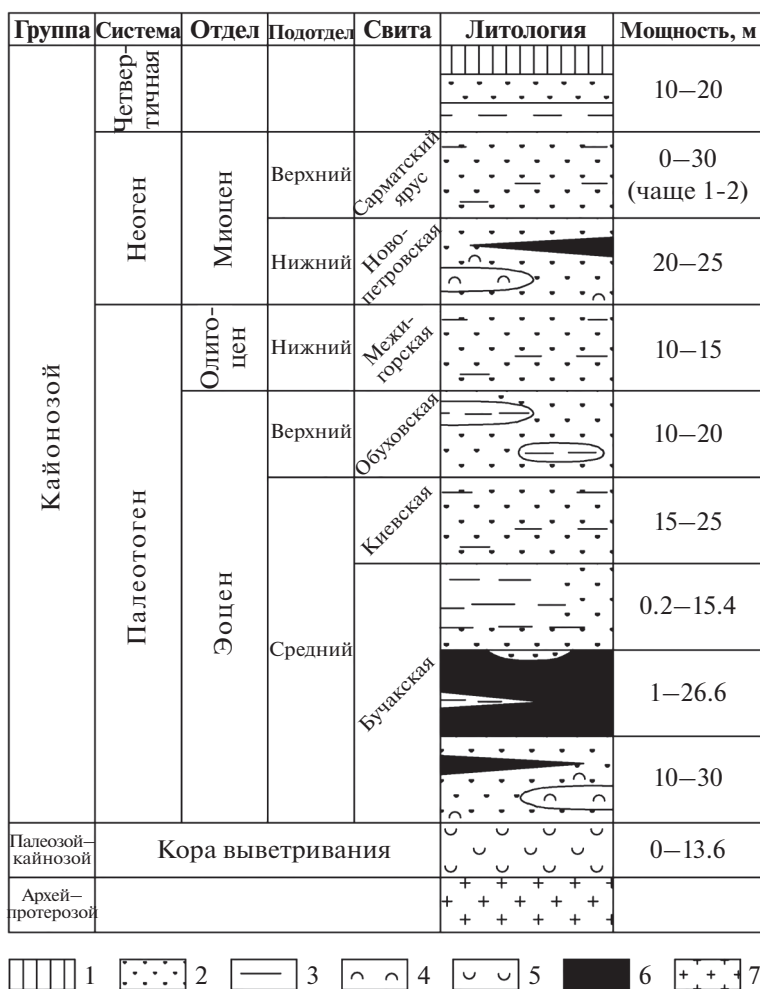


Рис. 2. Литолого-стратиграфический разрез Верхнеднепровского месторождения.

1 – суглинки; 2 – песок; 3 – глина; 4 – каолин вторичный; 5 – каолин первичный; 6 – уголь; 7 – граниты, гранито-гнейсы, кварциты.

Таким образом, на территории Верхнеднепровского месторождения выделяются завершённые палеогеновый и миоценовый циклы осадконакопления, соответствующие тектоническим циклам. Палеогеновый цикл осадконакопления, или литоцикл, по Л.Н. Ботвинкиной и В.П. Алексеёву [1991], представляет собой полифациальное образование. Начало цикла следует относить ко второй половине раннего палеоцена, так как в низах угленосной толщи УЩ встречаются остатки отложений раннего эоцена и даже палеоцена [Гойжевский, 1982]. Поскольку конец палеоцена отличался интенсивными восходящими эпэрогеническими движениями, возвратными движениями склонов и резко дифференцированными блоковыми движениями, а к позднему олигоцену море полностью оставило территорию УЩ и его склонов, разрез палеогенового цикла осадконакопления в пределах Верхнеднепровского месторождения сокращён (отсутствуют от-

ложения палеоцена, каневской и низов бучакской свит, берекской свиты). Как указывалось выше, угленосная толща залегает непосредственно на каолиновой коре выветривания и перекрывается морскими образованиями киевской свиты. Палеогеновый цикл характеризуется песчаным разрезом при значительной роли глинистых пород и углей. Уголь является одной из фаций палеогенового цикла осадконакопления, по классификации П.П. Тимофеева [2006] его следует относить к континентально-морскому циклу-парагенезу трансгрессивной фазы. Цикл завершается накоплением в олигоцене песчано-алевритовых отложений межигорской свиты [Гойжевский, 1982; Днепровский ..., 1987].

Единой точки зрения на условия формирования бучакских угленосных отложений нет. Многие исследователи считают, что они образовались в условиях аккумулятивных аллювиальных равнин, являясь аллювиальными, озерными и болот-

ными континентальными образованиями. Такой точки зрения придерживались В.Т. Сябряй [1959], М.А. Самарин [Днепровский ..., 1987, с. 79] и др.

И.Е. Слензак [1946], Г.Ф. Крашенинников [1957], Л.Я. Кизильштейн [1975] высказали предположение об образовании бучакских отложений в прибрежно-морской обстановке. По мнению Л.Я. Кизильштейна, высокое содержание серы в углях свидетельствует о накоплении исходных торфов в условиях морских побережий, постоянно или периодически затопляемых морскими водами.

Н.И. Игнатченко [Игнатченко, Зайцева, 1981] допускал периодические ингрессии морских вод вглубь эрозионно-тектонических депрессий, открытых в сторону неглубокого морского бассейна, который располагался на северо-востоке УЩ.

Авторы настоящей работы, как будет показано ниже, стоят на позициях формирования угленосных отложений преимущественно в условиях озерно-болотной прибрежной низменности.

### ВЕЩЕСТВЕННО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ СОСТАВ УГЛЕЙ

По совокупности внешних признаков в изученных углях выделены три группы.

**I. Группа темно-коричневых углей.** Угли слабо и средне уплотненные, с земляным изломом и неоднородной структурой. В углях обнаруживаются мелкие включения лигнита, доплеритоподобное вещество черного цвета, редкие зерна смолы и обрывки кутикулы. Минеральные включения представлены немногочисленными присыпками кварцевого песка, иногда тонкими прослоечками глинистого материала, мелкими конкрециями пирита. Эти угли наименее распространены (меньше 20%).

**II. Группа коричневых углей.** Угли группы в основном средне уплотненные, реже плотные, редко слабо плотные, с неровным или угловатым изломом, иногда с неявно выраженной слоистостью. Присутствие включений лигнита, доплерита, редких зерен смолы и обрывков кутикулы подчеркивает неоднородность их макроструктуры. В углях наблюдаются включения кварцевых зерен, пиритизированных фрагментов растительности. Коричневые угли имеют на месторождении наибольшее распространение (более 50%).

**III. Группа светло-коричневых углей.** К этой группе относятся угли в основном плотные, иногда средне уплотненные. Наличие многочисленных включений лигнита, доплерита, зерен смолы, гнездовидных включений каолинита, глинисто-алевритового материала, редких конкреций пирита подчеркивает неоднородность структуры и неотчетливо выраженную слоистость.

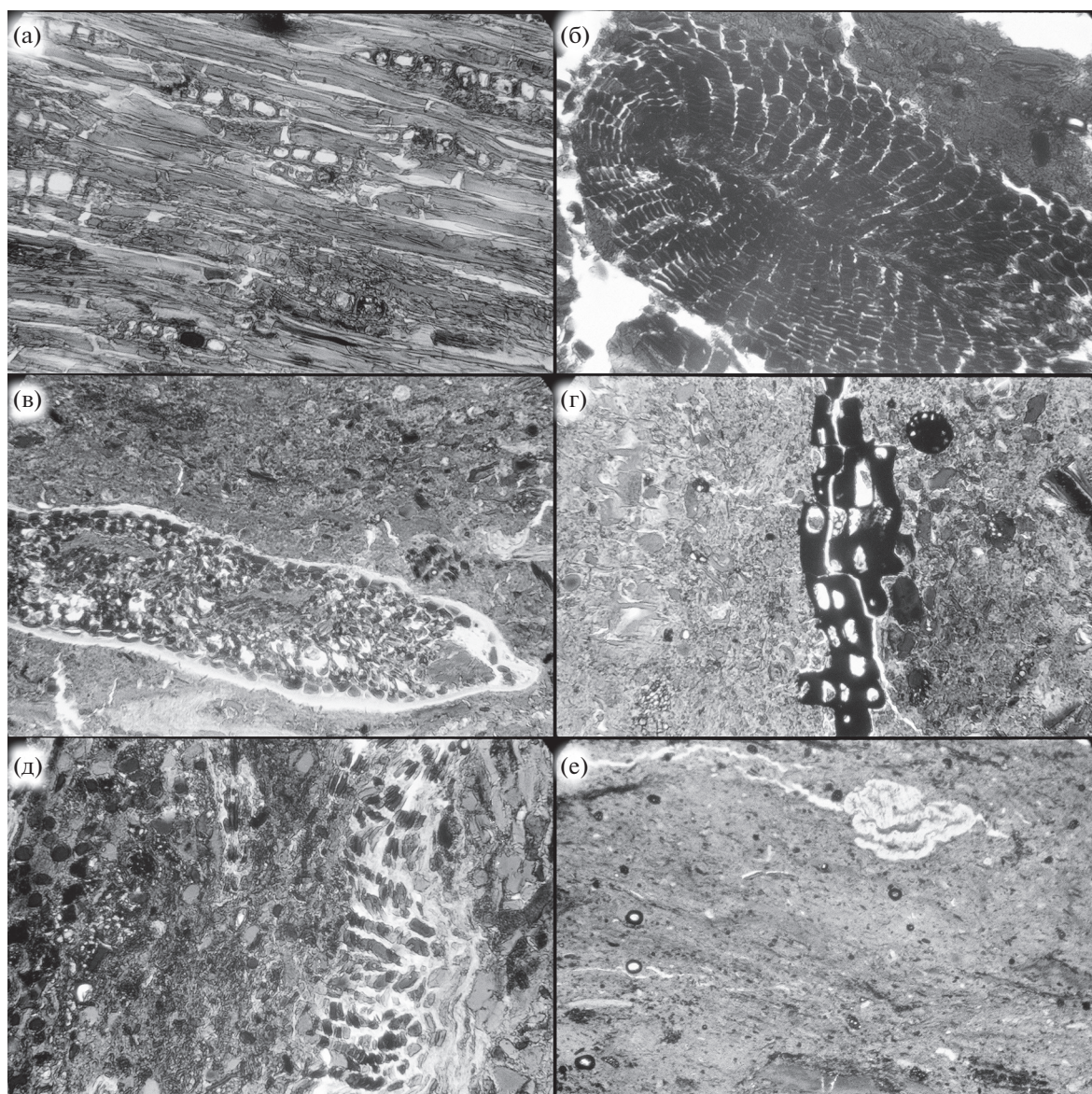
Светло-коричневые угли составляют до 25% изученных углей.

Описание микрокомпонентов углей проводилось согласно классификации органических микрокомпонентов бурых углей [Петрографические ..., 1975; ISO 7404-3:2009]. Микроскопическими исследованиями в проходящем поляризованном свете в углях установлены группы микрокомпонентов: гуминита, инертинита, липтинита (рис. 3). Главными критериями отнесения микрокомпонентов к той или иной группе является сочетание цвета и формы. Внутри групп микрокомпоненты подразделяются на основании данных об исходном материале, степени сохранности ботанической структуры растительного материала.

**Группа гуминита** постоянно присутствует во всех типах углей и представлена продуктами гумификации тканей покрытосеменных и хвойных растений. Микрокомпоненты характеризуются красноватой, коричневатой-красноватой, светло-желтой и светло-коричневатой окраской. Они имеют разную степень сохранности, которая зависит от ботанической принадлежности тканей. В углях Верхнеднепровского месторождения преобладает аттринит. Текстинит и ульминит, представленные проводящими (флоэма, ксилема), покровными (феллинит), листовыми (паренхит) тканями, составляют в углях не более 15%. Характерной особенностью текстинита желтого цвета является яркая анизотропия при скрещенных николях. К бесструктурным компонентам группы отнесены включения корпогуминита, выполняющего иногда полости клеток в проводящих тканях, и гелинита. Гелинит представлен доплеринитом, количество которого иногда достигает 7%. Допплеринит представляет собой продукт коагуляции коллоидных растворов гуминовых кислот или их солей в виде гумата кальция [Штах и др., 1978]. Он выполняет трещины сокращения в угольном веществе и полости корешков растений. В углях Верхнеднепровского месторождения компоненты группы гуминита играют существенную роль (20–90%).

**Группа инертинита** представлена семифюзенизированными и фюзенизированными тканями. В составе семифюзинитов чаще наблюдается орто-склеротинит (фунгинит) темно-коричневого цвета в виде округлых сетчатых тел, редких небольших фрагментов семифюзенизированных покровных и паренхимных тканей и аттрита (2–5%). Фюзенизированные ткани представлены в основном аттритом и нигро-склеротинитом. Включения фрагментов фюзинита единичны, имеют четкие контуры и хорошую сохранность растительной структуры, они разнообразны по форме и размерам. Компоненты группы инертинита являются продуктами слабой гумификации и последующего окисления растительного материала.





**Рис. 3.** Микрофотографии шлифов с фрагментами тканей и некоторых микрокомпонентов бурых углей Верхнеднепровского месторождения (в проходящем свете,  $\times 146$ ).

а – тангентальный срез вторичной флоэмы хвойного растения, проводящая ткань (скв. 213); б – продольный косой срез покровной ткани – феллинит (скв. 153); в – продольный срез листа – паренхит (скв. 161); г – фрагмент фузинита и нигро-склеротинит (фунгинит) в аттрите (скв. 213); д – фрагмент суберинита и склеротинит в аттрите (скв. 213); е – фрагмент кутинита в битуминито-десмите (скв. 161).

Группа инертинита имеет в изученных углях наименьшее распространение (от 1–2 до 10%).

Группа липтинита характеризуется разнообразием форменных элементов светло-желтого, желтого цвета, анизотропных при скрещенных николях, и представлена резинитом, микроэксинитом, структурным суберинитом, тонким кутинитом. Суберинит является довольно распространенным компонентом. Он наблюдается либо в виде структурных лентообразных или прямоугольных фрагментов (2–6%), либо в виде преобладающего суберинито-аттрита (5–20%). Срав-

нительно часто в углях встречаются включения резинита овальной, изометричной, палочкообразной формы (2–10%) и тонкого гладкого кутинита (2–10%) в виде скоплений обрывков или окаймляющего листовые пластинки. Весьма своеобразным микрокомпонентом группы липтинита является обогащенное липидами бесструктурное вещество желтого цвета, часто с пылевидными выделениями коричневой окраски, названное битуминито-десмитом в работе [Игнатченко, Зайцева, 1981]. По мнению этих авторов, битуминито-десмит является продуктом



наибольшего остудневания субериновых тканей либо продуктом битуминизации лигнино-целлюлозных тканей в определенных геохимических условиях. Его количество в некоторых типах углей достигает 45–70% органического вещества. Компоненты этой группы особенно широко представлены в гелититовых и гелито-липоидитовых углях. Термин “битуминит” для мацералов группы липтинита бурых углей был предложен в 1975 г. и нередко ассоциируется с липтодетритом, “аморфным битумом” сапропелевых углей, являющихся продуктом разложения водорослей [Штах и др., 1978]. Введен в международную номенклатуру [ИССР ..., 2017] как один из микрокомпонентов группы липтинита. Содержание микрокомпонентов группы липтинита в углях месторождения колеблется от 2 до 70%.

На диаграмме (рис. 4) представлено распределение микрокомпонентов углей групп гуминита, инертинита и липтинита, свидетельствующее о преобладающем содержании в углях микрокомпонентов группы гуминита и весьма незначительном количестве компонентов группы инертинита.

**Минеральные компоненты.** К неорганическим компонентам относятся отдельные зерна минералов, их скопления в виде мелких линзочек, конкреции или псевдоморфозы по растительным остаткам. В количественном отношении в углях преобладают кварцевые разнозернистые и разноокатанные зерна, их линзовидные скопления, глинистый материал, пластиночки слюды, редкие включения пирита, единичные проявления пиритизации растительных тканей, каолинит. Для Верхнеднепровского месторождения характерно заполнение аутигенным каолинитом “корневых трубочек” на стадии диагенеза торфа и превращения его в уголь.

Согласно вещественно-петрографической классификации [Петрографические типы ..., 1975] изученные угли по количественному соотношению групп микрокомпонентов отнесены к типам: гелиты, липоидо-гелиты, липоидо-гелититы, гелито-липоидиты, гелито-липоидиты (рис. 5).

**Гелиты.** В углях данного типа содержание гуминита от 88 до 96%, липтинита – 2–10%, инертинита – 2–5%. В большинстве углей преобладает разнообразный гуминит, состоящий из частичек ксило-, паренхо-, феллинито-аттрита. Для углей характерна аттрито-детритовая и редко фрагментарно-аттритовая структура. Основными минеральными компонентами углей рассматриваемого типа являются кварц, глинисто-алевритовый материал, пирит. По макроскопической характеристике гелиты относятся в основном к I и, отчасти, к II группам углей, выделяемых по внешним признакам. Исключение составляют гелиты, сложенные продуктами слабой гумификации древес-

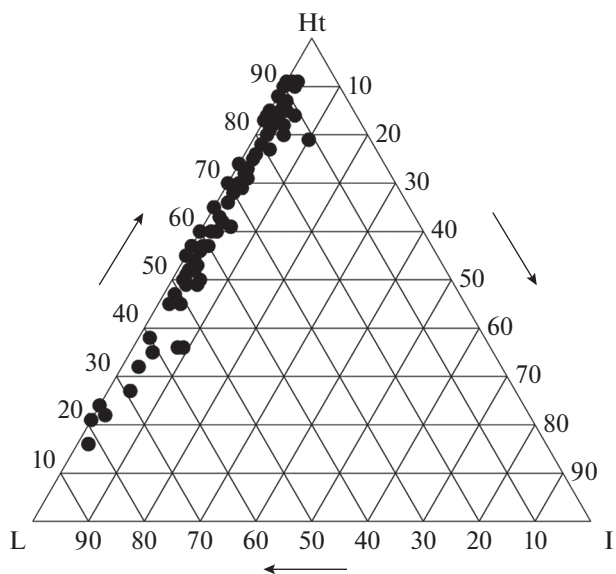


Рис. 4. Микрокомпонентный состав углей групп гуминита (Ht), инертинита (I), липтинита (L) Верхнеднепровского месторождения (% на органическое вещество).

ных тканей хвойных. Они относятся к слабо уплотненным светлым углям III группы.

**Липоидо-гелиты.** Угли этого типа содержат 76–89% микрокомпонентов группы гуминита, 11–25% компонентов группы липтинита и 1–5% компонентов группы инертинита. Преобладает гуминит, представленный смешанным аттрито-детритом. Состав минеральных компонентов близок к составу в гелитах. По совокупности внешних признаков липоидо-гелиты относятся главным образом к II группе.

**Липоидо-гелититы.** Угли содержат 52–72% гуминита, 26–48% липтинита, 1–3% фюзинита. Микроструктуру углей определяет наличие в них преобладающего разнообразного по исходному материалу аттрито-детрита, а также бесструктурного битуминито-десмита. Минеральные компоненты представлены глинисто-алевритовым материалом, мелкими зернами кварца, пиритом. По макроскопической характеристике липоидо-гелититы в своем большинстве соответствуют III группе, отчасти II.

**Гелито-липоидиты.** К этому типу относятся угли с преобладанием микрокомпонентов группы липтинита (51–75%). Второе место занимают микрокомпоненты группы гуминита (24–48%), группа инертинита составляет 1–4%. Микрокомпоненты группы гуминита представлены в основном ксило-, паренхо-, феллинито-аттритом (24–40%) и единичными включениями структурных тканей. Доплеринит (1–8%) выполняет трещины и пустоты. Повышенное содержание в углях липоидных компонентов зависит главным обра-

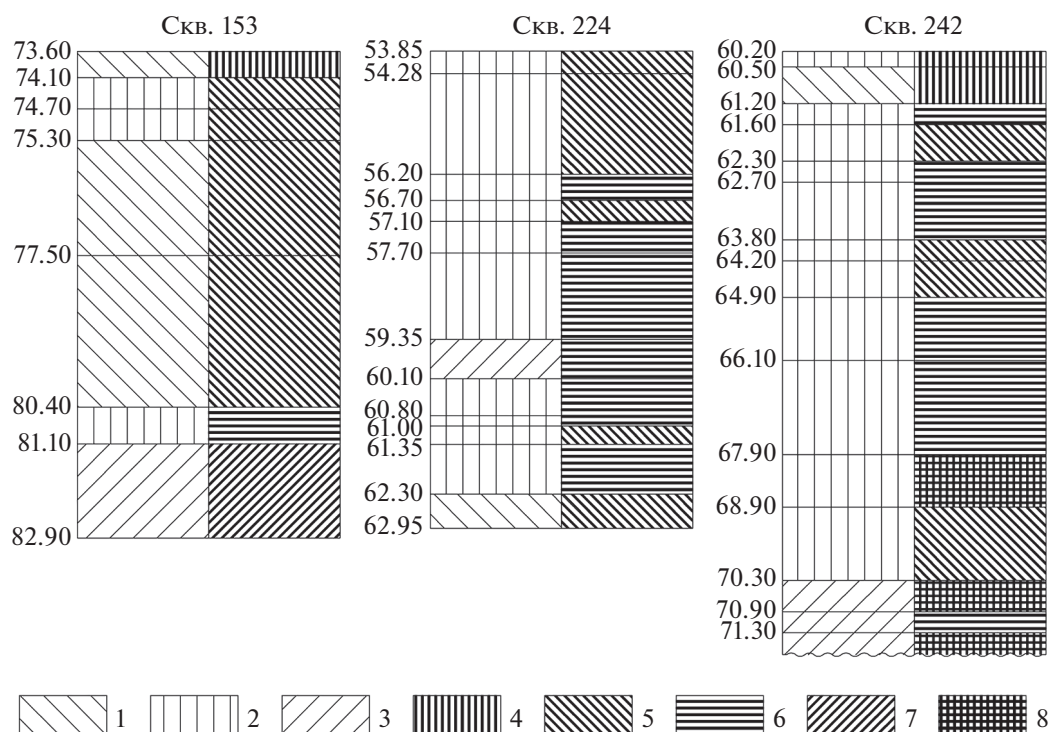


Рис. 5. Группы и петрографические типы углей Верхнеднепровского месторождения.

1 – группа темно-коричневых углей; 2 – группа коричневых углей; 3 – группа светло-коричневых углей; 4 – гелит; 5 – липоидо-гелит; 6 – липоидо-гелитит; 7 – гелито-липоидотит; 8 – гелито-липоидит.

зом от присутствия в них значительного количества битуминито-десмита (до 65%). Содержание других липоидных микрокомпонентов невелико: кутинита 10–12%, экзинита 4–5%, резинита до 10%, суберинита до 20%. Микрокомпоненты группы инертинита, представленные главным образом нигро-склеротинитом и отчасти семи-фюзинитом, составляют 1–3%. Минеральные компоненты – глинисто-алевритовый материал, мелкие зерна кварца, пирит, каолинит. Микроструктура углей определяется присутствием в них большого количества битуминито-десмита. Такую структуру можно назвать атритито-десмитовой. По внешним признакам гелито-липоидотиты относятся к III группе.

**Гелито-липоидиты.** В углях этого типа микрокомпоненты группы липтинита составляют больше 75%. Содержание гуминита составляет 7–22%, инертинита 1–2%, липтинит в основном представлен битуминито-десмитом (до 89%), а также суберино-атритом (10–15%), микроэкзинитом (1–5%), резинитом (до 5%). Микрокомпоненты группы гуминита наблюдаются в виде ксило-, феллинито-детрита и доплеринита. К группе инертинита относятся мелкий семифюзинито-атрит и склеротинит. Минеральные компоненты представлены кварцем, глинистым материалом, каолинитом, изредка пиритом. В связи с преобладанием в углях бесструктурного липоидного ве-

щества они характеризуются гомогенной структурой. По внешним признакам угли относятся к III группе.

Принадлежность петрографических типов углей к какой-либо из трех групп, выделенных по макроскопическим признакам, не всегда четко проявляется. И все-таки необходимо подчеркнуть соответствие I группе в основном таких типов, как гелиты, реже липоидо-гелиты. Ко II группе по внешним признакам относятся липоидо-гелиты и липоидо-гелититы. Гелито-липоидотиты, гелито-липоидиты и значительная часть липоидо-гелититов соответствует III группе. Отметим также, что к III группе относятся редкие гелиты, в которых при микроскопическом изучении обнаруживается преобладание продуктов слабого остудневания и гумификации хвойных древесных тканей.

Среди выделенных петрографических типов угля (см. выше) преобладают липоидо-гелиты и липоидо-гелититы, составляющие до 70% угольного разреза.

По предложенной И.Б. Волковой [1971, 2006] типизации пластов по вещественно-петрографическому составу, угольный пласт Верхнеднепровского месторождения относится к гелитолито-липоидолитовому типу. Условия его накопления способствовали интенсивному преобразованию



**Таблица 1.** Показатели качества углей разных петрографических типов (%)

Типы углей	$W^{daf}$	$A^d$	$S_t^d$	$V^{daf}$	Битумы
Гелиты	5.2–15.2	4.5–24.7	2.9–7.4	53.0–61.0	1.7–4.7
Липоидо-гелиты	7.4–16.6	9.8–29.6	2.7–7.7	53.0–66.0	4.2–8.6
Липоидо-гелититы	4.7–12.3	9.1–22.1	2.3–6.0	57.0–74.0	5.9–12.0
Гелито-липоидотиты	6.4–9.9	9.1–19.6	3.1–4.9	55.0–76.0	9.3–18.3
Гелито-липоидиты	2.7–8.7	10.4–17.2	2.0–3.9	67.0–80.0	13.1–26.4

Примечание.  $W^{daf}$  – влажность на беззольную массу,  $A^d$  – зольность на сухую массу,  $S_t^d$  – содержание серы на сухую беззольную массу,  $V^{daf}$  – выход летучих на сухую беззольную массу.

растительного материала и обогащению торфа липоидными компонентами. Даже невысокое содержание липоидолитов (25–30%) придает таким пластам определенные петрографические и химические особенности. На изученном месторождении количество углей с повышенным содержанием компонентов группы липтинита (липоидо-гелитов, гелито-липоидотитов и гелито-липоидитов) превышает 30%.

При установленной А.П. Агуловым [Агулов, 1962] неизменности ботанического состава углей Днепробасса присутствие в разрезе пласта разных петрографических типов связано с циклическим распределением растительного материала, именуемым Л.Н. Ботвинкиной и В.П. Алексеевым [1991] торфоциклическостью. Торфоциклическость определяется распределением в отдельных прослоях торфообразующих растений различных видов в разных соотношениях, разнородностью их остатков и неодинаковой степенью сохранности растительного материала.

Циклическое распределение петрографических типов угля, связанное прежде всего с разными условиями накопления и разложения органического материала, обусловлено характером геотектонического режима. Региональное изменение геоструктурного взаиморасположения областей денудации и аккумуляции ведет к смене фациальных условий в области осадконакопления. Геотектонический режим определяет палеогеографические условия осадко- и торфонакопления, скорости накопления растительного материала и погружения заболоченной территории, степень обводненности и проточности торфяников, что в свою очередь обуславливает масштабы деятельности микроорганизмов.

По изученным образцам в подошве пласта в 75% случаев фиксируются липоидо-гелитовый, гелито-липоидотитовый и гелито-липоидитовый типы угля с содержанием липтинита от 25 до 90%, что может быть связано с выносом аллювиальными водами гумусовой составляющей торфа, залегающего на аллювиальных отложениях подугольного горизонта. В кровле пласта в 70% случаев за-

легают липоидо-гелиты и гелиты (липтинита менее 25%).

Скв. 242, как указывалось выше, расположена, в отличие от остальных изученных скважин, в юго-западной части месторождения (см. рис. 1). Сравнительно большая мощность угольного пласта и более высокая обогащенность приподошвенного угля липтинитом свидетельствуют о более низком положении торфяника в палеодолине.

Показатели качества угля свидетельствуют, что он является в основном среднезольным (10–20%), сернистым и высокосернистым (2.5–6.7%). Выход летучих (55–70%), содержание углерода (61–72%) и водорода (5–6.5%) соответствуют бурому углю стадии углефикации  $B_1$ . Исследованиями качественных характеристик разных петрографических типов углей установлено, что более высокая влажность, зольность и сернистость характерны для липоидо-гелитов. Наиболее высокие значения выхода летучих отмечены для гелито-липоидитов, характеризующихся максимальным содержанием липтинитовых компонентов (табл. 1).

Уголь характеризуется выходом битумов от 6.5 до 15.9% при среднем значении 8.3% и содержанием воска в битумах до 75% [Минерально-сырьевая база ..., 1999]. При исследованиях, проведенных в Институте геологических наук НАНУ [Игнатченко, Зайцева, 1981], данные по выходу битумов были сопоставлены с петрографическими типами углей. В результате было установлено, что содержание битумов в углях растет от гелитов (содержание липтинита 2–10%) до гелито-липоидитов (количество липтинита превышает 75%) (см. табл. 1). Как отмечают указанные авторы, общий выход битумов связан не только с суммарным количеством микрокомпонентов группы липтинита, но и с их разнообразием, количественными соотношениями и химическими особенностями каждого из них. Но основным носителем битума авторы считают выделенный ими битуминито-десмит. По мнению Н.А. Игнатченко, в гумифицированном веществе угля первичного лигнино-целлюлозного состава битум нахо-

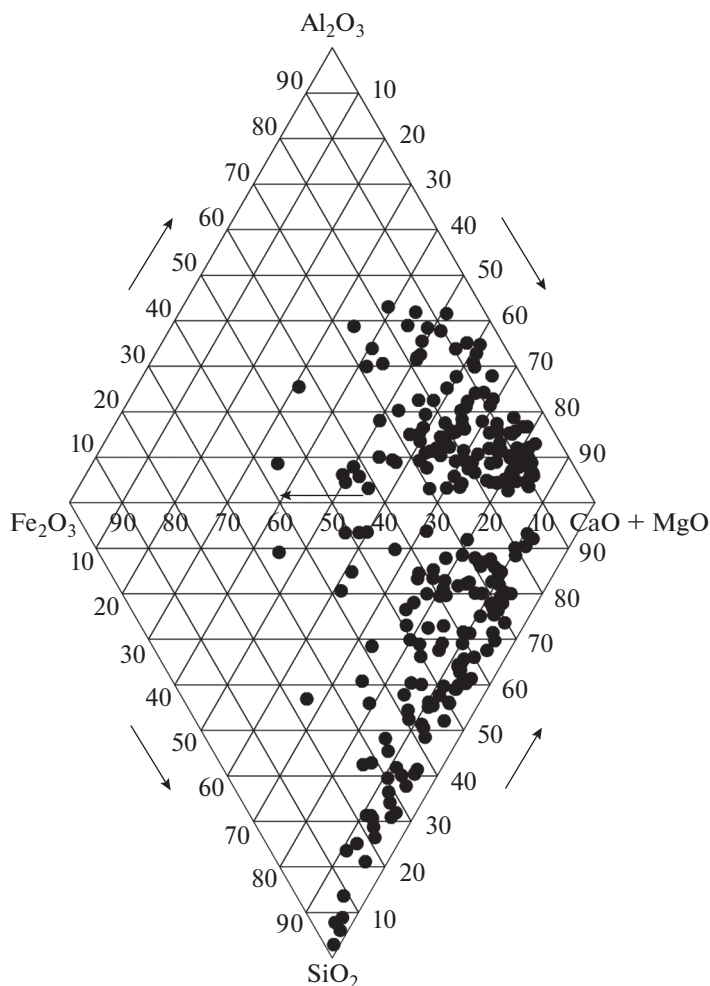


Рис. 6. Диаграмма химического состава золы Верхнеднепровского месторождения.

дится в диспергированном состоянии и не может быть обнаружен петрографическими методами.

На территории Западной Европы буроугольные месторождения эоценового возраста, угли которых обогащены битумами, встречаются в Германии – в “старой буроугольной формации” Магдебургского и Тюринго-Саксонского угленосных районов (выход битумов от 3 до 21%) [Сябряй, 1962]. В бурых углях Бургасского месторождения Болгарии выход битумов достигает 20% [Егоров, 1997]. Как в Германии, так и в Болгарии формирование торфяников происходило в параллических условиях осадконакопления – на приморской низменности, затоплявшейся морскими водами [Егоров, 1997; Eskenazy и др., 1994; Hartmann, 2005].

Для интерпретации результатов химических анализов золы углей была построена диаграмма оксидов основных золообразующих элементов (рис. 6). На ней хорошо виден устойчивый тренд в отношении оксидов  $(\text{CaO} + \text{MgO})$  и  $\text{SiO}_2$ , что

свидетельствует о преобладании среди минеральных примесей в углях карбонатной и кремнеземистой составляющих. Высокое содержание оксида кремния подтверждается выявленным при микроскопическом исследовании доминированием в угле кварцевых зерен и их скоплений, входящих в состав терригенной золы. Поскольку в шлифах нами не были встречены минеральные включения карбонатов, следует предположить, что кальций и магний входят в состав сорбционной золы в неминеральной форме. Накопление этих элементов в торфянике происходит, по данным работы [Юдович, Кетрис, 2015], благодаря привносу в торфяное болото в условиях его повышенной проточности растворенных минеральных веществ.

Для выяснения условий торфонакопления, дополнительно использовался ряд соотношений химических элементов или их оксидов.

Соотношение  $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$  (коэффициент Х. Вернера [Werner, 1954]) составляет в среднем 5.6 и

свидетельствует о химическом воздействии на торфяник морских вод. По мнению Л.Я. Кизильштейна [1973], при невысокой степени углефикации органического вещества этот коэффициент является надежным показателем морского влияния.

Алюмокремниевый модуль  $Al_2O_3/SiO_2$ , изменяющийся от 0.06 до 1.28 при среднем значении 0.42, дает основание предполагать значительное колебание соотношения между глинистой и песчанистой фракциями неорганической составляющей углей. По данным работы [Юдович, Кетрис, 2015], этот модуль изменяется в зависимости от степени тектонической активности области торфонакопления. Исходя из минимальных значений и средней величины рассматриваемого коэффициента, следует предположить, что торфонакопление в эрозионно-тектонической депрессии, погружавшейся при одновременном поднятии окружающих водосборов, происходило преимущественно в обстановке повышенной тектонической активности. В результате с близко расположенных водоразделов поступали плохо окатанные обломки кварца, пополнявшие кластогенную золу. Всего в нескольких образцах зафиксирован алюмокремниевый модуль, превышающий каолиновую норму (0.85). При невысоких содержаниях  $Al_2O_3$  он свидетельствует о доминировании сорбционного алюминия. Присутствие каолинита в гелито-липоидотитах и гелито-липоидитах, обычно залегающих в подошве угольного пласта, может указывать на привнос терригенного каолинита из кор выветривания, формирующихся на окружающих водоразделах в периоды относительно спокойного тектонического режима.

О нестабильности тектонической обстановки в области торфонакопления свидетельствует и коэффициент  $(SiO_2 + Al_2O_3)/(CaO + MgO + Fe_2O_3)$ , характеризующий соотношение “кислой” и “основной” составляющих [Юровский, 1968]. Он изменяется от 0.10 до 3.94 при среднем значении 0.94, что свидетельствует о неодинаковом количестве неорганических компонентов, поступавших в торфяник в различные периоды торфонакопления. Периоды, характеризующиеся интенсивным привносом терригенных минеральных примесей (коэффициент  $> 1$ ), сменялись периодами с невысокими темпами их поступления и преобладающим накоплением в торфяниках карбонатной составляющей (коэффициент  $< 1$ ).

Содержание оксида натрия в золе колеблется от 0.4 до 1.3%, не превышая 2%-го критерия разделения углей на нормальные и соленые. В то же время по соотношению  $K^+/Na^+$  [Клер и др., 1988], рассчитанному для 125 образцов углей месторождения и составляющему в среднем 0.51, угли следует отнести к соленым [Иванова, 2016].

По данным определений элементного состава органического вещества углей, по формуле  $[N_{at} - 2(O_{at} + N_{at} + S_{at})]/C_{at}$  рассчитан коэффициент Лейфмана–Вассоевича [Вассоевич, Лейфман, 1979], который в среднем не превышает 0.54 и свидетельствует о формировании торфяников из растений наземного происхождения под влиянием морских условий.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ. ГЕНЕЗИС УГЛЕЙ

Максимальное потепление, оцениваемое в 3°C, произошло на рубеже палеоцена и эоцена. Это потепление сопровождалось вымиранием древней споровой растительности и покрытосеменных, продуцирующих пыльцу *Normapolles*. Покрытосеменные быстро эволюционировали, сохраняя в своем комплексе представителей как вымирающих видов, так и видов, являющихся прямыми предками современных растений. В эоцене центральные районы Украины находились в зоне влажного субтропического климата со среднегодовыми температурами 18–20°C [Егоров, 1997; Заклинская, 1963; Климат ..., 2004].

Основными растениями-торфообразователями Днепробасса являлись древесные (90–95%), преимущественно покрытосеменные (до 85–95%). Среди них были распространены семейства ореховых, березовых, вересковых, вечнозеленых букковых, а также мангровых, магнолиевых, пальмовых, маслинных, мареновых, миртовых, падубовых, винтеровых, лавровых, тутовых, бобовых, сапотовых, мириковых (восковницевых). Широкое распространение воскодержащих покрытосеменных растений сыграло, очевидно, заметную роль в процессе образования в углях битумов, обогащенных воском. Из голосеменных субтропических форм произрастали кипарисовые, араукариевые, ногоплодниковые, гинкговые, а также хвойные (семейства сосновых). Травянистые и водные растения играли незначительную роль [Агулов, 1962; Климат ..., 2004; Сябряй, 1958].

В исходном материале бурых углей принимали значительное участие стеблевые, древесинные и коровые ткани, остатки листьев, корешков, оболочки микроспор и пыльцы, кутикула. Стеблевые и паренхимные ткани, наряду с липтинитовыми компонентами, по данным Н.Б. Серовой [1987], являются основными восконосителями покрытосеменных воскодержащих растений.

Важные процессы преобразования органического вещества (дезинтеграция, гумификация, битуминизация) происходили в основном на начальной стадии изменения растительного материала в торфогенном слое. Дезинтеграции растительного материала, происходящей в результате физического и химического выветривания,



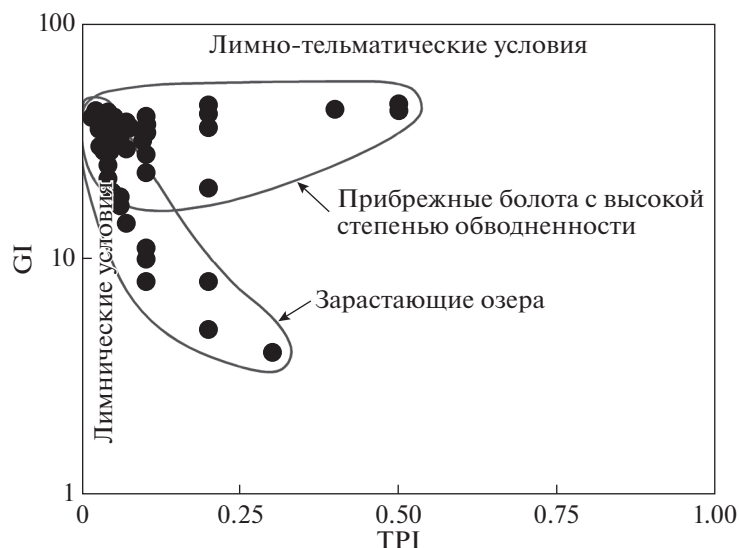


Рис. 7. Диаграмма TPI–GI реконструкции условий торфонакопления Верхнеднепровского месторождения. TPI – индекс сохранности растительных тканей, GI – индекс гелификации.

способствовала деятельность микроорганизмов (бактерий и грибов). Под влиянием аэробных микроорганизмов одновременно с дезинтеграцией происходила биохимическая гумификация. По данным Н.Б. Серовой [1987], в присутствии в водах торфяника основных окислов (CaO, MgO, Na<sub>2</sub>O), в первую очередь оксида кальция, создавались особенно благоприятные условия для обогащения органического вещества в процессе биохимической гумификации битумами. Следует отметить, что источником этих окислов могла быть морская вода. Процессы фюзенизации играли второстепенную роль. Накопление микрокомпонентов группы липтинита, с которыми связывается битуминозность углей, может быть объяснено процессами элювиации. Процессы начальной гелификации, происходящие в анаэробных условиях ниже торфогенного слоя, ограничивались относительно слабым набуханием растительных тканей и появлением доплеринита.

Для оценки палеосреды торфообразования по микрокомпонентному составу углей методом С.Ф.К. Дисселя [Diessel, 1986, 1992] были использованы индексы TPI и GI. Индекс сохранности растительных тканей (TPI) является мерой влажности торфяника, степени гумификации исходного органического вещества и вклада в образование торфа древесной растительности. Он определяется как соотношение содержания структурных тканей к бесструктурным. Индекс гелификации (GI) отражает условия влажности торфяника и определяется соотношением количества гелифицированных тканей к фюзенизированным. Полученная диаграмма (рис. 7) свидетельствует, что торфонакопление происходило в зоне озер-

но-болотной прибрежной низменности, в условиях высокой обводненности и при заметном влиянии морской обстановки (условия лимно-тельматические), или в зарастающих озерах (условия лимнические) – в зависимости от положения торфяника в палеодолине, определяющего условия разложения растительного материала.

Резюмируя вышесказанное, можно констатировать, что большинство торфяников месторождения формировалось в условиях прибрежной низменности, подвергавшейся затоплению морскими водами. Это подтверждается высокой сернистостью углей, их засоленностью, значениями коэффициентов Вернера и Лейфмана–Вассоевича. Об этом свидетельствует и отмеченное А.А. Гойжевским [1982] широкое распространение на северо-восточном склоне УЩ морских бучакских отложений.

Повышенную битуминозность изученных углей следует связывать не только с их обогащенностью липтинитом (см. выше), но и с особенностями условий разложения растительного материала, обусловленными накоплением торфяников на приморской низменности. И.Е. Слензак [1946] отмечал повышенную битуминозность в углях, приуроченных именно к прибрежно-морской равнине (“супралиторальной зоне”), расположенной вдоль береговой линии бучакского бассейна и вдававшейся в пределы кристаллического массива в областях тектонических депрессий. Высокое содержание в битумах воска может быть также объяснено присутствием в исходном материале значительного количества тканей воскодержущих растений.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Формирование палеогеновой буроугольной формации Днепробасса происходило в среднем эоцене и было приурочено к допиренейским движениям и начальному этапу пиренейской фазы альпийского тектогенеза. Опускание Среднеднепровской глыбы и трансгрессия моря со стороны Днепровско-Донецкой впадины благоприятствовали процессам торфообразования в эрозионно-тектонических палеодолинах.

Палеогеновая буроугольная формация представляет собой многофациальное образование, составляющее цикл осадконакопления. Его состав определяется геотектоническим режимом регионального (эпейрогенетические движения) и локального (дифференцированное движение отдельных блоков) характера.

Уголь является одной из фаций палеогенового цикла осадконакопления. По количественному соотношению групп микрокомпонентов он подразделяется на ряд петрографических типов (гелиты, липоидо-гелиты, липоидо-гелититы, гелито-липоидотиты, гелито-липоидиты), чередующихся в разрезе пласта. Преобладающими типами углей являются липоидо-гелиты и липоидо-гелититы, составляющие до 70% угольного разреза.

Циклическое распределение петрографических типов углей, связанное прежде всего с условиями накопления и разложения органического материала, обусловлено региональным изменением геоструктурного взаимоположения областей денудации и аккумуляции, ведущим к смене фациальных условий в области осадконакопления.

Торфонакопление, в зависимости от положения торфяника в палеодолине, происходило преимущественно в условиях озерно-болотной прибрежной низменности под заметным влиянием морской обстановки, а также в зарастающих озерах.

Повышенную битуминозность углей и обогащенность битумов воском, помимо высокого содержания в них липтинита и тканей воскодержащих растений, следует объяснять специфическими условиями разложения органического материала под влиянием морской воды.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают свою признательность анонимному рецензенту за проявленное внимание и конструктивные замечания, которые позволили дополнить и значительно улучшить представленную работу, а также с благодарностью отмечают высокий уровень профессионализма редактора.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агулов А.П.* К флористической характеристике генетических типов бурого угля Днепровского бассейна // Геол. журнал. 1962. № 4. С. 37–43. (*Агулов О.П.* До флористичної характеристики генетичних типів бурого вугілля Дніпровського басейну // Геол. журнал. 1962. № 4. С. 37–43)
- Богач Ю.А.* Битуминозные угли Днепробасса и методика их разведки // VI Всесоюзное геологическое угольное совещание. Тезисы докладов. Львов, 1980. С. 55–57.
- Ботвинкина Л.Н., Алексеев В.П.* Цикличность осадочных толщ и методика ее изучения. Свердловск: Изд-во Уральского ун-та, 1991. 336 с.
- Вассоевич Н.Б., Лейфман И.Е.* Об оценке доли водорода, определяющей нефтематеринский потенциал органического вещества // Нефтематеринские свиты и принципы их диагностики / Под ред. Н.Б. Вассоевича, П.П. Тимофеева М.: Наука, 1979. С. 36–46.
- Волкова И.Б.* Типы угольных пластов основных эпох угленакопления на территории СССР // Химия твердого топлива. 1971. № 1. С. 3–11.
- Волкова И.Б.* Петрография углей. Петрологический атлас ископаемого органического вещества России / Гл. редактор О.В. Петров. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. С. 121–149.
- Гинтов О. Б.* Докембрий Украинского щита и тектоника плит // Геофизический журнал. 2012. Т. 34. № 6. С. 3–21.
- Гойжевский А. А.* Тектонические условия образования полезных ископаемых осадочного чехла Украинского щита. Киев: Наукова думка, 1982. 180 с.
- Днепровский буроугольный бассейн* / Под ред. Д.Е. Макаренко. Киев: Наукова думка, 1987. 328 с.
- Заклинская Е.Д.* Пыльца покрытосемянных и ее значение для обоснования стратиграфии верхнего мела и палеогена // Тр. ГИН АН СССР. Вып. 74. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 258 с.
- Егоров А.И.* Глобальная эволюция торфоугленакопления. Мезозой и кайнозой. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1997. 416 с.
- Иванова А.В.* Генезис и эволюция соленых углей Украины и проблемы их освоения / Дисс. ... докт. геол. наук. Киев: ИГН НАН Украины, 2016. 336 с.
- Игнатченко Н.А., Зайцева Л.Б.* Петрография бурых углей Днепровского бассейна и их битуминозность // Препринт ИГН НАН УССР. Киев, 1981. 61 с.
- Игнатченко Н.А., Зайцева Л.Б.* Зависимость битуминозности бурых углей Верхнеднепровского месторождения от их петрографического состава // Геол. журнал. 1982. Т. 42. № 4. С. 86–96.
- Кизильштейн Л.Я.* Геохимические индикаторы условий древнего торфонакопления // Химия твердого топлива. 1973. № 4. С. 42–49.
- Кизильштейн Л.Я.* Генезис серы в углях. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1975. 200 с.
- Климат в эпохи крупных биосферных перестроек / Гл. ред.: М.А. Семихатов, Н.М. Чумаков. М.: Наука, 2004. 299 с.
- Клер В.Р., Жаров Ю.Н., Сливинская И.И.* О распределении натрия и калия в углях // Докл. АН СССР. 1988. Т. 298. № 4. С. 936–938.
- Крашенинников Г.Ф.* Условия накопления угленосных формаций СССР. М.: Изд-во МГУ, 1957. 296 с.

- Минерально-сырьевая база угольной промышленности России. Т. 1 (состояние, динамика, развитие) / Под ред. А.Е. Евтушенко, Ю.Н. Малышева. М.: Изд-во МГГУ, 1999. 648 с.
- Нестеренко П.Г.* Днепровский бурогольный бассейн. М.: Углетехиздат, 1957. 83 с.
- Петрографические типы углей СССР / Под ред. А.А. Любер. М.: Недра, 1975. 248 с.
- Серова Н.Б.* Условия образования и закономерности распределения воскодержущих бурых углей кайнозой СССР // Литология и полез. ископаемые. 1987. № 2. С. 81–94.
- Слензак И.Е.* Нижнетретичное угленакпление на правом берегу среднего Днепра. Киев: Изд-во АН УССР, 1946. 84 с. (*Слензак И.Е.* Нижнотретичне вугленакпичення на правобережжі середнього Дніпра. Київ: Вид-во АН УРСР, 1946. 84 с.)
- Старостенко В.И., Гинтов О.Б., Кутас Р.И.* Геодинамическое развитие литосферы Украины и его роль в формировании и размещении полезных ископаемых // Геофизический журнал. 2011. Т. 33. № 3. С. 3–22.
- Сябряй В.Т.* Генезис бурых углей Днепровского бассейна. Киев: Изд-во АН УССР, 1958. 78 с.
- Сябряй В.Т.* Днепровский бурогольный бассейн. Киев: Изд-во АН УССР, 1959. 221 с. (*Сябряй В.Т.* Дніпровський буровугільний басейн. Київ: Вид-во АН УРСР, 1959. 221 с.)
- Сябряй В.Т.* Закономерности размещения бурогольных формаций в палеогене Днепробасса. Киев: Изд-во АН УССР, 1962. 124 с. (*Сябряй В.Т.* Закономірності розміщення буровугільних формацій в палеогені Дніпробасу. Київ: Вид-во АН УРСР, 1962. 124 с.)
- Тимофеев П.П.* Эволюция угленосных формаций в истории Земли. М.: Наука, 2006. 204 с.
- Трифонов В.Г., Соколов С.Ю.* Сопоставление тектонических фаз и инверсий магнитного поля в позднем мезозое и кайнозое // Вестн. АН. 2018. Т. 88. № 1. С. 33–39.
- Штах Э., Тейхмюллер М., Маковски М.-Т. и др.* Петрология углей. М.: Мир, 1978. 554 с.
- Юдович Я. Э., Кетрис М. П.* Неорганическое вещество углей. М., Берлин: Директ-Медиа, 2015. 423 с.
- Юровский А.З.* Минеральные компоненты твердых горючих ископаемых. М.: Недра, 1968. 214 с.
- Diessel C.F.K.* The correlation between coal facies and depositional environments. Advances in the Study of the Sydney Basin // 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.
- Eskenazy G., Delibaltova D., Mincheva E.* Geochemistry of boron in Bulgarian coals // Int. J. Coal Geol. 1994. № 25. P. 93–110.
- Hartmann B.* Die Genese des stofflichen Inventars des Braunkohlenflözes Bruckdorf (Obereozän) zwischen Halle und Bitterfeld, Sachsen-Anhalt / Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.). Halle (Saale), 2005. 130 s.
- ICCP System 1994. Classification of liptinite // Int. J. Coal Geol. 2017. V. 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.
- Werner H.* Über den Nachweis mariner Beeinflussung von Torf und Kohle // Geol. Jahrb. 1954. Bd. 69. S. 287–292.

## Reconstruction of Sediment and Peat Accumulation Conditions on the Base of Petrographic Composition of Coal in the Verkhnedneprovskoe Deposit, Dnieper Brown Coal Basin

A. V. Ivanova<sup>1</sup>\*, L. B. Zaitseva<sup>1</sup>, V. B. Gavriltssev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, Honchar str., 55b, Kyiv, 01601 Ukraine*

\*e-mail: ariadna.v.ivanova@gmail.com

The article presents the results of a study of brown coal from the Verkhnedneprovskoe deposit, located in the northeastern part of the Dnieper brown coal basin (Dneprobass) within the Srednedneprovsky block of the Ukrainian shield. It is shown that the development of the Paleogene brown coal formation of the Dneprobass took place in the Middle Eocene during the subsidence of the Srednedneprovsky block and the marine transgression from the Dnieper-Donets depression into erosional-tectonic paleovalleys. The development conditions of the Paleogene brown coal formation corresponding to a single polyfacial sedimentation cycle, one of the facies of which is coal, are characterized. It is established that the presence of various petrographic types of coal in the cross-section of the seam and their cyclic distribution, associated primarily with different conditions of organic residues accumulation and decomposition, is due to the peculiarities of the geotectonic regime. Depending on peat bog position in the paleovalley the peat accumulation took place in coastal lowlands under the noticeable influence of the marine environment or in overgrown swampy lakes. The increased bituminous content of the studied coals and the high content of wax in bitumen should be explained not only by their enrichment in liptinite and the presence of a significant amount of wax-bearing plants in the initial material, but also by the specific conditions of decomposition of peat plant material under the influence of sea water.

**Keywords:** Dneprobass, peat accumulation, coal content, brown coal, bitumen, wax.