

УДК 552.5:551.3.051(477.5)

**В.В. Макогон, Л.И. Стрижак, Е.В. Пекельная**

**ОСОБЕННОСТИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ И НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ КАМЕННОУГОЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРНОГО БОРТА ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЫ**

**V.V. Makogon, L.I. Strizhak, E.V. Pekelnaya**

**THE FEATURES OF THE DEPOSITION OF SEDIMENTS AND CERTAIN PECULIARITIES OF THE POST-SEDIMENTATIONAL CHANGES OF THE CARBONIFEROUS DEPOSITS OF THE NORTHERN EDGE OF THE DNIPRO-DONETS DEPRESSION**

Викладені результати літолого-петрографічних та фаціальних досліджень керну нових параметричних свердловин, пробурених у східній частині північного борту ДДЗ. Визначені особливості осадконакопичення та їх зміни протягом кам'яновугільного періоду, охарактеризовані переважаючі фаціальні типи відкладів. Дана коротка характеристика діагенетичних та катагенетичних змін основних літологічних типів потенційних порід-колекторів нафти та газу.

*Ключові слова:* нижньокам'яновугільні відклади, літологія, фації, постседиментаційні утворення, Дніпровско-Донецька западина.

Изложены результаты литолого-петрографических и фациальных исследований керна новых параметрических скважин, пробуренных в восточной части северного борта ДДВ. Определены особенности осадконакопления и их изменения на протяжении каменноугольного периода, охарактеризованы преобладающие фациальные типы отложений. Дана краткая характеристика диагенетических и катагенетических преобразований основных литологических типов потенциальных пород-коллекторов нефти и газа.

*Ключевые слова:* нижнекаменноугольные отложения, литология, фации, постседиментационные преобразования, Днепро-Донецкая впадина.

The results of the lithology-petrographical and facial studies of the core from the new stratigraphic wells drilled at the eastern part of the northern edge of DDB have been stated. The features of the deposition of sediments and their (the features) change, during the Carboniferous period, have been determined and prevailing facial types of deposits have been characterized. The short characterization of diagenetic and katagenetic transformations of the main lithological types of reservoir-rocks of hydrocarbons has been presented.

*Keywords:* the lower Carboniferous deposits, lithology, facies, post-sedimentational transformations, the Dnipro-Donets depression.

**ВВЕДЕНИЕ**

Северо-восточная часть Днепро-Донецкой впадины (ДДВ) достаточно хорошо изучена глубоким бурением в полосе с глубиной погружения докембрийского кристаллического фундамента (КФ) более 1500 м. Значительно меньше буровой информации имеется о строении территории, переходной от внешней части северного борта ДДВ к южному склону Воронежской антеклизы, с глубинами погружения поверхности КФ менее 1,5 км. Даже сама внешняя граница северного борта на тектонических картах обычно объединяется с контуром той или иной глубины его погружения [1].

Исследуемая территория представляет интерес также и в отношении изучения характера границ и особенностей смены формационных комплексов. Изучаемый участок относится к зоне перехода верхневизейско-серпуховской карбонатной формации Восточно-Европейской

платформы в терригенную угленосную полифаціальную формацию этого же возраста ДДВ [3].

**РАЙОН РАБОТ, МЕТОДЫ И ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В последние годы в пределах Харьковско-Купянского участка по проекту были пробурены четыре параметрические скважины, вскрывшие разрезы осадочного чехла мощностью 1172–1619 м. Они составили субширотный профиль и дали новую геологическую информацию об особенностях осадочного чехла на исследуемой территории. В процессе наших исследований был детально изучен керн четырех параметрических скважин, пробуренных на Молодовской, Анновской и Двуречной площадях, а также проанализированы полученные в ходе бурения геолого-геофизические материалы. В лабораторных условиях изучено и проанализировано более 100 шлифов на оптичес-

ких микроскопах ПОЛАМ, глинистое вещество и новообразования исследованы с помощью электронного микроскопа РЭМ-106 и рентгеновского дифрактометра ДРОН-3 в лабораториях Черниговского отделения УкрГГРИ. Здесь же выполнены определения степени катагенеза палинологическим методом.

Генетический анализ отложений проведен по классической методике литолого-фациальных исследований с изучением комплекса седиментационных признаков: структурно-текстурные исследования, аутигенно-минералогический анализ, изучение комплексов ископаемых организмов, выявление латеральных соотношений и положения в разрезе выделенных фациальных типов [5].

### РЕЗУЛЬТАТЫ, ИХ АНАЛИЗ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изученная часть северного борта ДДВ является полого восстающим в северо-восточном направлении моноклиальным склоном. Поверхность фундамента представляет собой нечетко выраженные чередующиеся валообразные поднятия и синклиновые прогибы, вытянутые в субмеридиональном направлении. Наиболее четко на исследуемом участке проявляются Анновский вал и Оскольский прогиб.

Изученные каменноугольные отложения выделяются в составе неполных верхневизейского и верхнесерпуховского подъярусов нижнего карбона и башкирского и московского ярусов среднего карбона. В целом в широтном направлении наблюдаются незначительные колебания суммарных мощностей — от 550 м (Анновская площадь) до 650 м (Двуречная площадь). Иначе обстоит дело с литологическим составом отдельных стратиграфических комплексов. На рис. 1 показано, как расчлененность рельефа КФ отразилась на составе нижнекаменноугольных отложений, накапливавшихся в разных частях территории. Так, в визейский век в западной и центральной частях накапливались глинисто-карбонатно-песчаная толща, в восточной — песчано-карбонатная. В серпуховский век в западной части формировались карбонатно-песчано-глинистая толща, в центре и на востоке — глинисто-карбонатная. В среднем карбоне на всей территории доминировало терригенно-карбонатно-глинистое осадконакопление.

Литолого-фациальные исследования позволили в целом подтвердить, что каменноугольное осадконакопление на исследуемой террито-

рии осуществлялось при преобладании теплого гумидного климата. Периоды аридизации были непродолжительными [4]. Толща накапливалась в условиях частого чередования обстановок от нормально-морских до континентальных. Морские отложения представлены комплексами мелководных шельфовых органогенно-детритовых известняков, алевроитово-глинистых пород удаленных зон открытого моря и крупных заливов, прибрежно-морскими обломочными известняками. Алевроитово-глинистые и песчано-алевритовые породы, обогащенные растительным детритом, составляют отложения прибрежной зоны мелководной лагуны с изменчивой гидродинамикой и слабо расчлененной береговой линией. Периодические регрессивные этапы с обмелениями отразились в формировании терригенно-глинистых, обогащенных растительными остатками и железокarbonатными конкрециями отложений аллювиально-болотно-озерной прибрежной низменности и дельтовых систем. Эти толщи часто содержат прослои угольных почв, линзы углей.

На рис. 2 представлены схемы распространения на изученной территории литологических толщ отдельных стратонов.

В визейский век в западной и центральной частях накапливались глинисто-карбонатно-песчаная толща, в восточной — песчано-карбонатная. В целом мощности отложений изменялись от 10–120 м на северо-западе до 150–160 м на юго-востоке. Изменение структурных форм поверхности КФ в широтном направлении отразилось прежде всего на характере накопления базальных осадков карбона. В приосевой зоне Оскольского прогиба отлагались песчаные пласты дельтовых рукавов мощностью до 25 м, на Анновском валу — маломощные песчано-алевритовые слои, сформировавшиеся в условиях заболоченного лагунного побережья.

На рис. 3 показана литолого-фациальная и геофизическая характеристика разреза визейских отложений скважины Двуречная 676, характеризующая постепенный характер нарастания раннекаменноугольной трансгрессии с закономерной сменой литологического состава комплекса.

Отложения дельтовых протоков и рукавов представлены песчаниками неясно-косослоистыми за счет гравийных прослоек, часто с крупными включениями обугленной

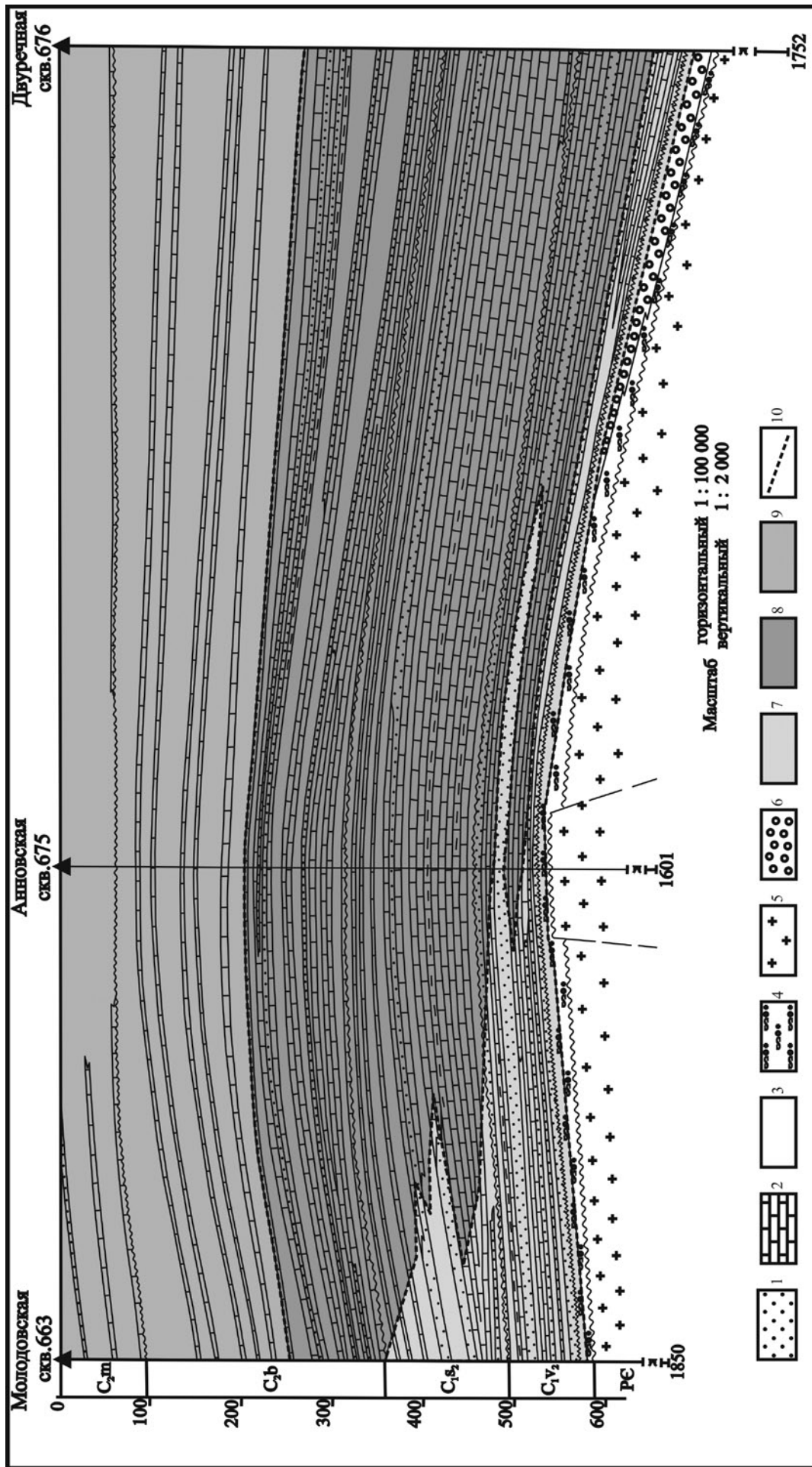


Рис. 1. Распределение литологических толщ в разрезе каменноугольных отложений

Литологические типы: 1 — пески, песчаники, алевролиты (проницаемые); 2 — известняки; 3 — аргиллиты, глины, непроницаемые алевролиты; 4 — формация коры выветривания. Литологические толщ: 5 — кристаллический фундамент; 6 — базальные песчаники дельтовых проток; 7 — глинисто-карбонатно-песчаная; 8 — терригенно-глинисто-карбонатная; 9 — карбонатно-глинистая; 10 — границы литологических толщ



Рис. 2. Схемы распределения литологических толщ  
 А — визейский ярус; Б — серпуховский ярус; В — нижнебашкирский подъярус; Г — верхнебашкирский подъярус и московский ярус. 1 — изогипсы поверхности кристаллического фундамента; 2 — изолинии равных мощностей; 3 — тектонические нарушения; 4 — границы распространения литологических толщ.

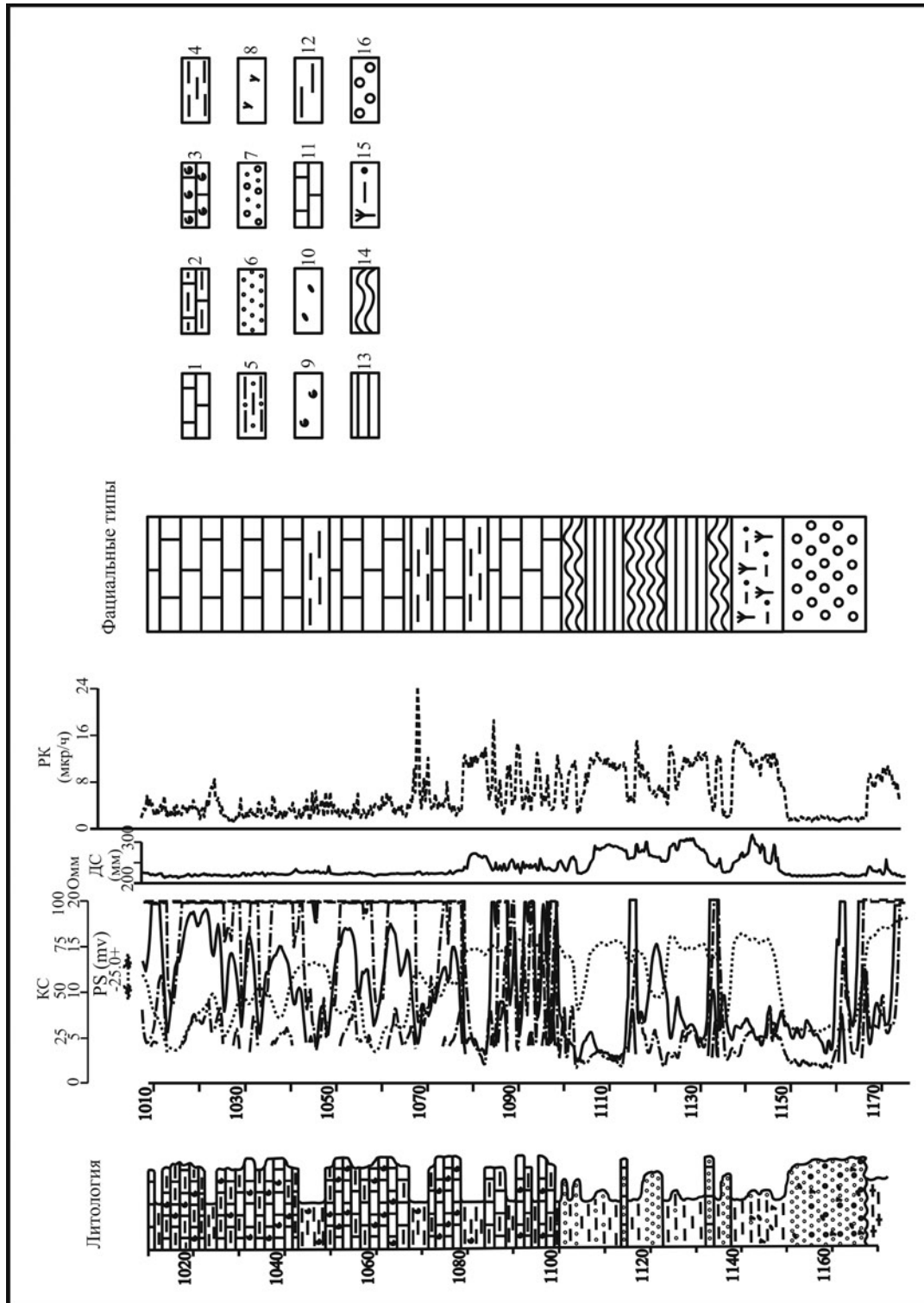


Рис. 3. Литологическая и геофизическая характеристика разреза визейских отложений скважины Двуречная 676  
 Литологические типы: 1 — известняк; 2 — известняк глинистый; 3 — известняк органогенно-детритовый; 4 — аргиллит, глина; 5 — алевролит; 6 — песчаник; 7 — песчаник гравийный. Включения: 8 — обугленные растительные остатки; 9 — морская фауна; 10 — пиритовые стяжения. Фациальные типы: 11 — мелководно-шельфовые карбонатные отложения; 12 — глинистые отложения шельфовых впадин и удаленных зон лагуны; 13 — алевроитово-глинистые отложения застойных зон озерно-лагунных бассейнов; 14 — алевроитово-песчаные отложения озерно-лагунных бассейнов с активной гидродинамикой; 15 — комплекс терригенных отложений заболоченной прибрежной низменности, периодически заливаемой морем; 16 — песчаные отложения дельтовых проток

древесины. Комплекс дельтовой равнины сложен линзовидно- и горизонтально-слоистыми алевритово-глинистыми породами с крупными обугленными растительными остатками и прослоями сероцветных мелкозернистых песчаников. Последние массивные или косослоистые за счет распределения углистого детрита. Нижние глинистые слои сложены озерно-лагунными темноцветными горизонтально-слоистыми аргиллитами с разноориентированным обугленным растительным материалом, крупными сидеритовыми конкрециями.

Коричнево-серые кристаллические органично-детритовые известняки, участками глинистые, накапливались в относительно удаленной зоне лагунного бассейна со слабой гидродинамикой, что отразилось на удовлетворительной сохранности фауны. Более глинистые разности формировались в условиях морского мелководья при усиленном поступлении терригенной мути, что сильно ограничивало развитие фауны. Эти породы имеют пятнисто-сгустковые текстуры как за счет первичной неоднородности, так и вследствие влияния дальнейших диагенетических преобразований. Застойный характер осадконакопления с образованием глинистого субстрата, в целом, способствовал развитию роющих организмов, поэтому указанные породы часто достаточно интенсивно биотурбированы. Неустойчивый характер субстрата на склоновых участках приводил к оползанию полутвердого осадка с образованием брекчиевидных текстур.

В нижней части разреза часты постепенные переходы известняков в алевритово-песчаные породы в результате усиления поступления обломочного материала в прибрежную зону моря при периодических выдвиганиях и активизации дельтовых систем. Маломощные прослои углисто-глинистых пород отображают периоды обмелений и заболачивания.

*Серпуховский век* ознаменовался существенным расширением территории с доминированием карбонатакопления. Она охватила всю восточную и центральную части исследуемого участка северного борта ДДВ. Стабильное наращивание мощностей серпуховского яруса с севера на юг прежде всего связано с появлением в разрезе все более древних слоев.

В центральной и восточной частях территории органично-обломочные и шламово-детритовые известняки серпухова отлагались

в нормально-морских мелководно-шельфовых условиях. Они практически лишены глинистой примеси, массивные или полого волнисто-слоистые. Основными пороодообразующими организмами здесь были криноидеи, брахиоподы, водоросли.

В западной и южной частях территории формирование осадков осуществлялось в прибрежной зоне мелководного морского залива с низинным заболоченным побережьем. Характерными были периодические осушения с развитием болотно-озерных обстановок. Это выразилось в накоплении полого- волнисто- и горизонтально-слоистых алевритово-глинистых осадков с фаунистическим детритом и растительными остатками, иногда известковистых, сидеритизированных и глинистых шламовых известняков, иногда с трещинами усыхания, брекчированных. Интервалы чередования косоволнисто-слоистых слабо отсортированных обломочных и глинистых пород с прослоями гумусового угля, включениями сферосидеритов характеризуют периоды существования обстановок заболоченных озер и пойм.

Характерными отложениями юго-западной части территории являются светло-серые тонко- и мелкозернистые алевритистые песчаники с косой и волнистой слоистостью, подчеркнутой углисто-глинистым материалом и гранулометрической дифференциацией обломков. Часто они содержат крупные углистые включения. Эти осадки отлагались в дельтовых протоках в зоне влияния слабых волнений прибрежной зоны мелководного залива.

В *раннебашкирское время* на большей части исследуемой территории шло накопление глинисто-карбонатных пород. Лишь в крайней западной части в разрезе присутствуют в заметных количествах алевритово-песчаные прослои и снижается относительное содержание известковых пород. Преимущественно карбонатный состав осадков отразился на достаточно равномерном распределении мощностей нижебашкирского комплекса.

Глинистые пятнистые линзовидно- и волнисто-слоистые известняки, преимущественно органично-детритовые, перекристаллизованные, с прослоями спутано-линзовидно-слоистых углисто-глинисто-карбонатных пород формировались на прибрежных участках мелководного морского бассейна в условиях периодических обмелений, частой смены гидродинамическо-

го режима и соответственно литологического состава осадков при общем незначительном поступлении терригенно-глинистого материала с прилегающей заболоченной низменной суши. Горизонтально-слоистые аргиллиты, часто известковые, с редким раковинным детритом накапливались на затишных участках прибрежного морского мелководья. В условиях обмелений с усилением гидродинамической активности отлагались волнисто-слоистые глинисто-алевритовые осадки, обогащенные растительным детритом. Редкие обстановки дельтовых проток фиксируются по пластам разнозернистых глинистых песчаников с косой и линзовидной слоистостью.

В восточной части территории осадконакопление осуществлялось в более отдаленных от береговой линии зонах бассейна, о чем говорит повышенное содержание органично-обломочных известняков с криноидеями, брахиоподами, с тонкими глинистыми прослойками. Горизонтально-слоистые глинистые отложения также содержат фаунистические остатки и сидеритовые стяжения. Присутствие редких пластов песчаников с грубой пологой наклонной слоистостью, подчеркнутой гранулометрической дифференциацией материала, включениями обугленной древесины и фаунистического детрита, говорит о существовании периодических сточных течений на участках, примыкающих к дельтовым рукавам. В боковых частях дельтовых проток формировались прослои песчано-алевритового материала с четкой косоволнистой слоистостью. Наличие разностей, обогащенных обломочным материалом, могут характеризовать этапы активизации терригенного стока и обновления дельтовых систем. Присутствие прослоев угля и землистых комковатых ожелезненных аргиллитов говорит о существенных колебаниях уровня моря и кратковременном периодическом установлении на территории обстановок заболоченной приморской низменности.

В *позднебашкирско-московское время* на всей исследуемой территории доминировало терригенно-карбонатно-глинистое осадконакопление. Суммарные мощности толщи закономерно уменьшаются вверх по восстанию северного борта ДДВ, как вследствие литологического выклинивания пластов, так и в результате влияния предъюрского размыва.

Накопление зелено-серых горизонтально- и линзовидно-волнисто-слоистых алевритово-

глинистых и алевритово-песчаных пород, часто смешанного состава, с фаунистическим и растительным детритом осуществлялось в прибрежной зоне мелководного залива морского бассейна со слабо расчлененной береговой линией. Присутствие раковин пелеципод хорошей сохранности, захороненных *in situ* с широким развитием глинистого осадконакопления может свидетельствовать о сильно выровненном рельефе прибрежной низменности и пассивной гидродинамике в краевых частях залива.

Периодические обмеления приводили к заболачиванию с формированием комковатых текстур, углистых прослоев, пород, обогащенных крупными растительными остатками, сидеритовыми конкрециями. Неустойчивый характер условий седиментации отразился в нередком чередовании зелено-, серо- и красноцветных глинистых прослоев. Слабоокатанный терригенный материал приносился мелкими водотоками с рядом расположенной низменной суши, покрытой растительностью. Периоды активизации эрозионных процессов и усиления речной деятельности отразились накоплением пластов разнозернистых песчаников дельтовых проток, часто с эрозионными контактами в подошве. Периоды установления мелководно-морских условий (ингрессии морского бассейна в глубь прибрежной низменности) сопровождались седиментацией слоев органично-детритовых известняков и глин с морской фауной. На прибрежных (литоральных) участках формировались микрозернистые и афанитовые шламово-детритовые известняки, иногда с включениями сульфатных минералов.

Фациальные особенности изученных каменноугольных изменений закономерно отразились на характере *постседиментационных процессов*. Практически повсеместное обогащение терригенно-глинистых пород органическим веществом определило преимущественное протекание диагенетических преобразований в условиях слабовосстановительной среды с формированием сероцветных пород. В редких случаях встречаются глинистые породы субконтинентального генезиса фиолетово-бурых тонов, сформировавшихся в окислительной обстановке, в которых в результате диагенетического восстановления участков, обогащенных органикой, проявляется пятнистая окраска.

Весьма характерным диагенетическим процессом изученных отложений является образо-

вание сидеритовых стяжений. Они приурочены к глинистым породам заливно-лагунного и озерно-болотного генезиса. Размеры конкреций варьируют от мелких (первые миллиметры) до пластообразных. Последние в большинстве случаев интенсивно разбиты септарными трещинами, заполненными позд-недиагенетическим молочно-белым или прозрачным кальцитом. Породы, обогащенные алевритовым материалом и соответственно обладающие повышенной проницаемостью, зачастую содержат прослои, обогащенные рассеянным железокарбонатным материалом — своеобразные «недоразвитые конкреции».

Пиритовые конкреции менее распространены и представлены двумя типами. Небольшие пиритовые конкреции-псевдоморфозы по органическим остаткам характерны для черных морских и заливно-лагунных аргиллитов, обогащенных рассеянным органическим веществом. Характерной чертой базальных песчаников визейского возраста является развитие в них крупных пиритовых стяжений неправильной формы, сформировавшихся в позднем диагенезе в результате осаждения из сероводородсодержащих растворов на геохимическом барьере, образованном в результате миграции углеводородных флюидов. Фактически их можно считать зонами интенсивной сульфидной цементации порового пространства обломочных пород. Такие же выделения отмечаются в крупных ходах роющих животных, заполненных алевритово-песчаным материалом.

По палинологическим данным степень катагенеза исследованных пород не превышает градации МК<sub>1</sub> и, как следствие, алевритово-песчаные пласты имеют высокие фильтрационно-емкостные свойства. Среди постседиментационных процессов терригенных пород выделяются образование крупночешуйчатого каолинита, деградация гидрослюды, выщелачивание и перекристаллизация первичного глинистого цемента.

Значительно интенсивнее проходили вторичные процессы в карбонатных породах, что обусловлено как общей большей чувствительностью известняков к воздействию агрессивных пластовых вод, так и седиментационными особенностями — накоплением их в условиях частых обмелений с выводом выше уровня моря, изменчивой гидродинамической обстановкой бассейна.

Обогащенность известковых пород терригенным силикатным материалом и остатками кремневых организмов способствовала широкому развитию процессов окремнения. При этом образовывались не только мелкие опал-халцедоновые гнезда, но и крупные линзы кремней.

Первичная неоднородность исследованных известняков благоприятствовала также интенсивной аградационной перекристаллизации с образованием участков развития крупнокристаллического кальцита. Активное выщелачивание карбоната в пористых и трещиноватых разностях привело к формированию сильно кавернозных разностей. В крупных кавернах часто присутствуют щетки вторичного мелкокристаллического кальцита.

Несмотря на, в общем, слабую катагенетическую преобразованность, для ряда изученных образцов характерной особенностью является образование мелкоамплитудных стилолитов с преимущественно незначительными битуминозно-глинистыми примазками.

Еще одной особенностью исследованных пород, обусловленной сложным, изменчивым характером их седиментации, является образование сложных волнистых, пятнистых, полосчатых текстур вследствие неравномерного диагенетического уплотнения глинистого вещества и раскристаллизации седиментогенного карбонатного материала.

В целом, на исследуемой территории широко распространены пласты-коллекторы как обломочные, так и карбонатные. Результатом миграционных процессов углеводородных флюидов стало остаточное насыщение пород битуминозным веществом. В керне скважин обнаружены кавернозные и трещиноватые известняки, содержащие битум в пустотном пространстве, высокопористые нефтенасыщенные песчаники. В эпигенетическом кальците из каверн известняков установлено значительное присутствие в составе газовой-жидких включений углеводородных компонентов. Пластовые воды отдельных интервалов разреза содержат водорастворенные газы метанового состава. Поэтому, на наш взгляд, вполне вероятной представляется возможность формирования небольших скоплений углеводородов при наличии позитивной структурной формы по поверхности фундамента и достаточно мощной пачки перекрывающих карбонатно-глинистых пород. Кроме того, залежи углеводородов возможны



и в литологических и комбинированных ловушках, связанных с литологическим замещением песчаных пластов плотными породами в направлении восстания слоев [2]. В то же время можно предположить, что глубины 1,1–1,3 км являются «критическими» для сохранения залежей нефти и газа на исследуемой территории.

#### ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате выполненных комплексных исследований удалось установить следующее:

1. Расчлененность рельефа КФ отразилась на составе нижнекаменноугольных отложений, накапливавшихся в разных частях территории. Нивелирование разницы в литологическом составе исследованных стратонев в закончилось в позднебашкирское время.

2. Каменноугольное осадконакопление на исследуемой территории осуществлялось в условиях частого чередования обстановок от нормально-морских до континентальных. В целом характер фациальной изменчивости по разрезу говорит о сравнительно стабильном колебательном режиме седиментации с максимальным развитием морского карбоната накопления в серпуховско-раннебашкирское время.

3. Практически повсеместное обогащение терригенно-глинистых пород органическим веществом определило преимущественное протекание диагенетических преобразований в условиях слабовосстановительной среды. Среди постседиментационных процессов выделяются такие: диагенетическое железокarbonатное и

сульфидное конкрециеобразование, образование крупночешуйчатого каолинита, деградация гидрослюд, выщелачивание и перекристаллизация первичного глинистого цемента в порах терригенных пород, перекристаллизация и трещинообразование с выщелачиванием и карстованием в известняках, их окремнение.

Авторы выражают благодарность сотрудникам компании «Укргазвидобування» за помощь в сборе фактического материала для исследований.

1. Арсирый Ю.А., Витенко В.А., Палий А.М. Атлас геологического строения и нефтегазоносности Днепровско-Донецкой впадины. — Киев, 1984. — 191 с. — (Тр. УкрНИГРИ).
2. Височанський І., Галабуда М., Гузарська Л. та ін. Геологічні передумови формування літологічних пасток вуглеводнів на північному борту Дніпровсько-Донецької западини // Геологія і геохімія горючих копалин. — 2007. — № 2. — С. 13–25.
3. Лукин А.Е. Формации и вторичные изменения каменноугольных отложений Днепровско-Донецкой впадины в связи с нефтегазоносностью. — М.: Недра, 1977. — 102 с.
4. Палеогеография СССР. Объяснительная записка к Атласу литолого-палеогеографических карт СССР. Т. 2. Девонский, каменноугольный, пермский периоды / Ред.: В.Д. Наливкин, В.М. Познер. — М.: Недра, 1975. — 180 с.
5. Справочник по литологии / Под ред. Н.Б. Вассоевича, В.Л. Либровича, Н.В. Логвиненко, В.И. Марченко. — М.: Недра, 1983. — 509 с.

Черниговское отделение Украинского государственного геологоразведочного института, Чернигов  
E-mail: mcogon@ok.net.ua

Рецензент — д-р геол.-минерал. наук В.Ф. Шульга