

УДК 552.122.002.23

МИНЕРАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОРОД – ИНДИКАТОРЫ КАТАГЕНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ УГЛЕНОСНОЙ ТОЛЩИ**¹Безручко К.А., ¹Пимоненко Л.И., ¹Кузнецова Л.Д., ¹Дрожжа Т.М.**¹*Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины***МІНЕРАЛЬНІ ЗМІНИ ПОРІД - ІНДИКАТОРИ КАТАГЕНЕТИЧНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ВУГЛЕНОСНОЇ ТОВЩИ****¹Безручко К.А., ¹Пимоненко Л.И., ¹Кузнецова Л.Д., ¹Дрожжа Т.М.**¹*Институт геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України***MINERAL CHANGES IN THE ROCKS AS INDICATORS OF CATAGENESIS TRANSFORMATIONS OF CARBONIFEROUS STRATUM****¹Bezruchko K.A., ¹Pimonenko L.I., ¹Kuznetsova L.D., ¹Drozhozha T.M.**¹*Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine*

Аннотация. Проведены петрографические исследования вещественного состава осадочных горных пород угленосной толщи Донбасса. Исследовались шахтные пробы и пробы, отобранные из геологоразведочных скважин, Донецко-Макеевского, Покровского (бывший Красноармейский), Лисичанского, Южно-Донбасского, Боково-Хрустальского, Торезско-Снежнянского, Алмазно-Марьевского и Краснодонского геолого-промышленных районов. Изучались породы, вмещающие угли в диапазоне от длиннопламенных до антрацитов. Получены новые данные о минеральном составе горных пород угленосной толщи различной степени ката- и метагенеза. Уточнены (установлены и описаны) по новым петрографическим данным особенности минеральных изменений в песчаниках и глинистых породах в зависимости от стадии их постдиагенетических преобразований. Показано, что верхней границей стадии позднего катагенеза служат преобразования глинисто-гидрослюдистого агрегата цемента пород в чисто гидрослюдистый и исчезновение монтмориллонита. Верхней границей глубинного катагенеза является переход пород, вмещающих угли марок ОС, Т → А, т.е. переход низкотемпературного политипа слюды 1М к высокотемпературному 1М₁. Эти преобразования наиболее показательны в литотипе аргиллит → слюдистые сланцы, где гидрослюдисто-слюдистый состав преобразуется в мономинеральный мусковитовый. В песчаниках это аутометасоматические замещения цемента крупнокристаллическим кальцитом (структура типа «фонтенбло»). Резкое преобразование слюды и кальцитизация пород, вмещающих антрациты, свидетельствует о резком «скачке» условий, при которых произошла антрацитизация каменных углей. Полученные данные позволяют, основываясь на указанных минералах-индикаторах и изучив минеральные преобразования во вмещающих породах, судить о марочном составе углей и перспективах промышленной газоносности исследуемых участков – прогнозировать газонасыщенность толщи и вероятность образования скоплений свободного метана. С верхней границей позднего катагенеза (марка углей Г) связано резкое увеличение газоносности угольных пластов и переход их в категорию выбросоопасных.

Ключевые слова: Донбасс, угленосная толща, осадочные породы, петрографический состав, катагенез, метагенез.

Осадки и осадочные породы покрывают две трети поверхности суши и значительную часть дна мирового океана. Они содержат многие ценные полезные ископаемые: нефть, горючие газы, ископаемые угли, различные руды, соли и многие другие или являются сами полезными ископаемыми. Около 70% всех полезных ресурсов, извлекаемых из недр Земли, заключены в осадочных породах [1-3]. Все это обуславливает необходимость дальнейшего продолжения работ по изучению осадочных пород в настоящее время.

Не исключением является и угленосная толща, в частности Донецкий угольный бассейн, основными полезными ископаемыми которого являются уголь и сопутствующий ему угольный метан.

Исследование газоносности угленосных отложений является актуальным в Украине в связи с политической и экономической необходимостью добычи и использования метана угольных месторождений. Одним из основных факторов, влияющих на формирование благоприятных условий нахождения метана в массиве, являются литологические особенности и физико-механические свойства вмещающих пород, обусловленные их условиями образования и дальнейшими постдиагенетическими изменениями. Вопросы постдиагенетического преобразования пород получили развитие в работах [3-9]. Основным результатом этих исследований явилось установление стадийного изменения пород, а также качественная и количественная характеристика основных стадий в образовании осадочных пород: гипергенез, седиментогенез, диагенез, катагенез, метагенез. Первая и вторая стадии являются подготовительными – мобилизации вещества, его переноса и отложения и образования осадков. Осадочные породы возникают в результате диагенетического изменения осадков, следовательно, первой стадией собственно образования пород является стадия диагенеза [3, 4].

Диагенез – это стадия превращения осадка в породу, в процессе которого происходит уплотнение обломков, обезвоживание и начальная стадия деградации обломков. Следующая стадия начальных, незначительных изменений – региональный эпигенез или катагенез – вещественно-структурные преобразования, происходящие уже в собственно осадочной породе при повышенных давлениях (от 10 до 200 МПа) и температурах (от 20 до 200 °С) в присутствии и при активном участии подземных вод и поровых растворов. Эта стадия подразделяется на ранний, средний и поздний катагенез. И наконец, в стадию метагенеза происходит существенное изменение пород – они становятся метаморфизованными осадочными, но ещё не метаморфическими породами [3, 4].

В настоящее время разрабатывается несколько направлений, главными из которых являются физико-химическая интерпретация процессов, приводящих к вторичным изменениям, понятие стадийности этих изменений. Однако, по поводу четкой границы между осадочными и метаморфическими породами пока нет единого мнения. По мнению А.Г. Коссовской [5, 6] к стадии позднего метагенеза пород угленосной толщи следует относить верхнюю хлорит–мусковитовую субфацию регионального метаморфизма, а собственно региональным метаморфизмом считать появление аутигенного биотита.

Актуальность исследований заключается в необходимости установления связи резкого повышения газоносности угленосной толщи с минерально-структурными преобразованиями в ней на стадии умеренного катагенеза, фиксирующегося в толще вмещающих пород появлением монтмориллонита и серицита, и выражающимся в изменении марочного состава углей (переход от ДГ к Г), а затем, переход к метагенезу, проявляющегося в толще пород полным замещением гидрослюд 1М политипом 2М₁ и мусковит-серицитовым агрегатом.

Цель работы – установить минеральные изменения в осадочных породах в

зависимости от стадий катагенеза и метагенеза в привязке к марочному составу углей, что позволит по степени катагенетических преобразований, в сочетании со структурно–тектоническими и литологическими факторами, прогнозировать газонасыщенность толщи и вероятность образования скоплений свободного метана.

Достижение указанной цели предполагает решение следующих задач:

- проведение петрографических исследований вещественного состава горных пород различной степени постдиагенетических изменений (фиксирующихся в угленосной толще марочным составом углей);
- анализ и обобщение результатов лабораторных и петрографических исследований при помощи вероятностно-статистических методов обработки экспериментальных данных.

Данная работа является анализом результатов, полученных по новым исследованиям горных пород угленосной толщи Донбасса.

Осадочное вещество каменноугольных отложений Большого Донбасса находится на различных стадиях постдиагенетических преобразований. Постдиагенетическая углефикация органического вещества во времени происходит быстрее изменений минералогического состава вмещающих пород. Однако процессы постдиагенетического преобразования пород, на примере Донбасса, можно исследовать, прослеживая изменения в минеральном составе пород, вмещающих угли (от каменных углей марок Д – ОС до антрацитов А).

В процессе исследований изучались породы различных стадий катагенеза и метагенеза, вмещающие угли марок от Д до А. Вследствие большого разнообразия условий формирования угле вмещающих пород – площади сноса и петрографического состава аллотигенного материала, фациальных условий, структурно-тектонического положения, минеральный состав пород из разных геолого-промышленных районов, сформировавшихся в одну стадию, характеризуются достаточно неоднородным характером постседиментационных преобразований. Критериями для выделения постдиагенетических стадий являются аутигенные минеральные виды и их ассоциации, сохранность или степень изменения аллотигенных минералов, физические свойства пород, степень изменения органического вещества. Для практического применения петрографических индикаторов стадий катагенеза были проанализированы изменения пород применительно к марочному составу углей, которые эти породы вмещают.

Поэтому при выделении типоморфных минералов-индикаторов, характеризующих определенную стадию катагенеза, выделялись только те, которые встречаются практически повсеместно во всех регионах. В качестве основных минералов выбраны наиболее легко изменяющиеся под влиянием катагенеза. Таким минералом-индикатором выбрана слюда, так как в ней легко идентифицируются изменения в процессе катагенеза, а также цемент, где хорошо выделяется степень изменения пелитового материала – от глинисто-гидрослюдистых и смешанно-слоистых агрегатов до слюдистых образований серицитового и мусковитового состава.

Изучение минеральных преобразований проводилось в шлифах пород, отобранных в разных геолого-промышленных районах Донбасса в породах, вмещающих угли от длиннопламенных до антрацитов.

Как отмечалось выше, стадия диагенеза представляет собой этап преобразования осадка в породу. Началом его следует считать момент отделения осадка от придонной воды новым свежесформированным слоем. Конец диагенеза связан с потерей так называемой свободной воды, что для глинистых отложений фиксируется переходом мягких глин в уплотненные, а также со сменой коллоидно-химических процессов старения коллоидов и синерезиса процессами кристаллизации.

В осадочных породах свидетелями диагенетической стадии являются аутигенные минералы, причем, интенсивность и характер аутигенного минералообразования связаны с присутствием в осадке реакционно способного минерала, с количеством и реакционной способностью органического вещества, с фациальным характером пород.

Начальный и средний катагенез характеризуется присутствием реликтов неустойчивых обломочных зерен (обломки эффузивных пород, железистых слюд) и гидратированного каолинизированного биотита. Органическое вещество углей на этой стадии преобразования относится к низким маркам – БД, Д, ДГ. Эта стадия характеризуется постепенным изменением физико-механических свойств глинистых пород (глины преобразуются в аргиллиты) и интенсивным аутигенным глинообразованием в поровых песчано-алевритовых породах. Можно считать, что именно начальный катагенез со слоевой и межслоевой миграцией поровых растворов свободного или затрудненного водообмена является весьма благоприятной обстановкой для минерального синтеза в поровых пространствах осадочных пород.

Если воспользоваться в качестве индикатора верхней границы для позднего катагенеза исчезновение монтмориллонита и переход углей марок Д→Г→Ж, то температура у этой границы будет достигать 90–120°. Что касается гидростатического давления, то, согласно мощностям терригенных пород с подробными минеральными парагенезисами (их мощность 3-3,5км), оно соответствует давлению пород порядка 1000 бар. В цементе преобразования выражаются в стабилизации монтмориллонита и смешаннослойных фаз, начало гидрослюдизации каолинита, дегидратации гидрослюд.

Согласно данным Н.Е. Логвиненко [3, 4] и его классификации стадий катагенеза, степень преобразования – средний-поздний катагенез (МК₁ – МК₅) – соответствует породам, вмещающим угли марок Д-ОС. Изменение обломков на этих стадиях заключаются в частичном преобразовании субграувакковых пород, коррозии и регенерации кварца, полевых шпатов, деформация и агрегатизация слюд, в цементе – стабилизация монтмориллонита и смешаннослойных фаз, начало гидрослюдизации каолинита, дегидратации гидрослюд.

Согласно исследованиям авторов, выделенные Н.Е. Логвиненко изменения цемента характерны для пород Донбасса, вмещающих угли марки Д-Г.

В соответствии с новыми полученными данными по петрографическому изучению пород по образцам, отобранным из скважин, степень преобразования цемента в породах, вмещающих угли, более высокая и имеет более резкую градацию в зависимости от марочного состава.

Так, вначале происходит гидрослюдизация и монтмориллонитизация глинистых минералов (до марки Ж), а затем начинается серицитизация (марка К) и мусковитизация (ОС-Т), в то время как у Н.Е. Логвиненко эти преобразования отнесены к стадиям АК₁-АК₄ (марки Т-А₄). Следовательно, новые детальное изучения пород Донбасса позволяют провести более четкие границы между породами, вмещающими каменные угли различных марок и сделать выводы о более глубоких преобразованиях пород при катагенезе, и возможно, более глубоких преобразованиях рассеянного органического вещества, генерирующего метан.

Следует отметить также такой фактор, как поведение карбонатного вещества при катагенетических преобразованиях – от карбонатно-сидеритовых стяжений в песчаниках, вмещающих каменные угли марок Д-ОС, до интенсивного карбонатного аутометасоматоза (с образованием структур «фонтенбло» – где в базальном крупнокристаллическом кальците «плавают» корродированные обломки кварца, меньше полевого шпата, при почти полном отсутствии гидрослюдисто-слюдистых минералов цемента, или их незначительном количестве – менее 10%). В большинстве глинистых сланцев на высоких стадиях преобразования образуются правильные ромбообразные кристаллы доломита, иногда с тонкокристаллической сульфидной минерализацией. В работах Н.Е. Логвиненко [3, 4] отсутствуют характеристики изменений карбонатов применительно к породам Донбасса. В указанных работах приводится обобщенная характеристика катагенетических преобразований в целом – для бурых углей, для каменных углей и для антрацитов.

Нами проведено детальное изучение минеральных преобразований в породах Донбасса на разных стадиях катагенеза, которые во многом зависят как от первичного состава обломков, так и условий формирования пород (фаций) на стадиях диагенеза и катагенеза – континентальные, прибрежно-морские, аллювиальные, и соответственно, состава растворов в осадках (яркий пример – большое количество каолинита в отложениях нижнего карбона Южно-Донбасского геолого-промышленного района). Поэтому спектр преобразования аутигенных обломков и цемента очень разнообразен. Однако, несмотря на такую пестроту фациального состава, песчаники Донбасса все же имеют общие характерные черты с отдельными варьирующими нюансами.

В метагенезе начинается основная структурная переработка осадочных пород. Стадия метагенеза характеризуется повсеместным развитием гидрослюдистого поли типа 2M₁ и железисто-магнезильного хлоритового поли типа Пв, β=97°. Стадия метагенеза связана с устойчивым щелочным характером поровых вод, что приводит к перераспределению кремнезема (коррозия и регенерация кварца) и появлению гидрослюды парагонитового

состава. Наблюдается развитие микростилолитовых сочленений между обломочными зернами вдоль напластования (результат гравитационного эффекта) и под углом к нему (влияние стресса). Обычны явления направленной коррозии и кристаллизации.

Для терригенных пород основным критерием для выделения стадий позднего метагенеза является мусковитизация политипа $2M_1$ и развитие магнезиальных хлоритов. В метагенезе осуществляется постепенный переход к метаморфическим парагенезисам и структурам, причем, для терригенных комплексов законченная мусковитизация основной массы пелитовых пород с массовым развитием сегрегационных структур, охватывающая обычно большие мощности толщи, и может считаться этапным моментом перехода к собственно метаморфизму (мусковитовые сланцы).

Иллюстрацией катагенетических преобразований в породах угленосной толщи послужили петрографические и лабораторные исследования в образцах пород, отобранных в разных геолого-промышленных районах Донбасса, вмещающие угли марок от Д до А.

Породы наиболее низкой стадии метаморфизма, вмещающие угли марки Д, исследовались по геологоразведочным скважинам на Петровском участке Донецко-Макеевского района.

Породы изучаемого участка по составу представлены всеми литологическими разностями – от пелитовых (аргиллиты) до псаммитовых (песчаники). Первым признаком и наиболее характерной чертой аллотигенного материала на этой стадии является низкая степень его деградации. Так, слюда, количество которой значительно выше типичного для Донбасса содержания (~10%), практически не деформирована, расположение ее не всегда ориентировано по наслоению, т.е., сохраняется первоначальное беспорядочное заполнение пространства между обломками кварца и полевого шпата, степень выветривания незначительна. В песчаниках слюда представлена бурым, реже зеленым биотитом, незначительным количеством мусковита. Характерно наличие зеленых хлоритизированных чешуек слюды (продукт разрушения пород зеленосланцевых фаций). По мере уменьшения гранулометрического состава обломочного материала степень изменения слюды возрастает, биотит обесцвечивается (хлоритизируется). В мелкозернистых алевролитах и аргиллитах почти вся слюда подвержена вторичным изменениям, что является следствием выветривания как первичного материала при массопереносе, так и катагенеза тонкообломочного материала.

Вторым признаком, характеризующим низкую стадию катагенеза пород, вмещающих угли марки Д, являются слабые преобразования цемента. В песчаниках цемент представлен темно-серой криптозернистой массой гидрослюдисто-глинистого состава, плеохроирующий в слабозелтых тонах, возможно, с незначительной примесью монтмориллонита. По мере уменьшения размерности обломочного материала (песчаники → алевролиты → аргиллиты) количество гидрослюды увеличивается, появляется слабо выраженный эффект одновременного погасания. Основная масса цемента криптозернистая,

содержит, помимо гидрослюды, глинисто-каолиновый агрегат. В отдельных разностях появляется карбонат (кальцит) метасоматического типа, замещающая гидрослюдисто-глинистый агрегат, сохраняя кластический материал (пойкилобластические структуры типа «фонтенбло»). Как правило, метасоматический карбонат появляется в породах Донбасса на высоких стадиях (вмещают угли марки А). Поэтому развитие карбоната на низких стадиях свидетельствует о высокой проницаемости толщи – видимо, по трещинам поднимаются карбонатные растворы. Таким же образом объясняется появление в аргиллитах незначительного количества доломита. Тонкорассеянный в породах углефицированный детрит (в породах болотной фации в виде линз), как правило, фюзенизированный. Разная степень зрелости цемента в обломочных породах свидетельствует о зависимости катагенетических преобразований от размера обломочного материала - чем мельче обломки, тем сильнее степень преобразования.

Породы, вмещающие угли марки Г, изучались в скважинах, пробуренных на полях шахт: им XXI съезда КПСС (в настоящее время «Белицкая», здесь и далее по тексту название всех шахт приведено на момент проведения работ), «Краснолиманская» (Покровский геолого-промышленный район), им А.Ф. Засядько (Донецко-Макеевский геолого-промышленный район), «Привольнянская» (Лисичанский геолого-промышленный район). Исследование пород, образовавшихся в различных геологических условиях, обусловило разброс полученных результатов относительно их вещественного состава.

Изученные песчаники представлены песчаниками различных фаций (от морских мелкозернистых до крупнозернистых русловых аллювиальных). В песчаниках шахты «Привольнянская» отмечается примесь субграуваккового состава. Песчаники, вмещающие угли марки Г, существенно отличаются от песчаников, вмещающих угли марки Д – степень преобразования породы значительно выше.

Цемент гидрослюдисто-слюдистый, слюдисто-гидрослюдистый, глинистые минералы почти повсеместно превращены в гидрослюды. В отдельных песчаниках (шахта им XXI съезда КПСС – «Белицкая») в порах отмечаются скопления каолинита, являющегося продуктом выветривания полевых шпатов. Такие преобразования характерны в целом для нижнекарбонатовых песчаников Южно-Донбасского геолого-промышленного района, что обусловлено условиями формирования – близость Украинского щита, разрушение которого служило материалом для образования осадочной толщи. Каолинит встречается двух типов: преобладает трансформированный, развивающийся в кислой среде по калиевым полевым шпатам, и, менее распространенный, образующийся из глинистого материала. Отмечено, что при исчезновении каолинита происходит резкое увеличение гидрослюдистого материала, т.е., условия образования каолинита и гидрослюды противоположны – для образования гидрослюды благоприятной является щелочная среда с высокими концентрациями K и Al . Данная концепция подтверждается при изучении верхнекарбонатовых

песчаников шахты им XXI съезда КПСС – «Белицкая» – если в цементе отмечено присутствие кремнистых агрегатов, степень зрелости глинисто-гидрослюдистого агрегата значительно ниже (кислая среда, неблагоприятная для преобразования гидрослюд). Аллотигенная слюда в песчаниках с углями марки Г деформирована, обесцвечена (хлоритизирована).

Характерно появление в песчаниках регенерационного кварца, полос пластических деформаций. Следовательно, помимо типичных факторов регионального метаморфизма, существенную роль начинает играть повышенная реактивность поровых вод, их щелочной характер, что способствует образованию гидрослюд группы иллита.

Алеврито-аргиллитовые породы, вмещающие угли марки Г, характеризуются отсутствием криптозернистого агрегата (типичного для марки Д), имеют грубопараллельную ориентацию глинисто-гидрослюдистых минералов, обладают в разной степени эффектом одновременного погасания (минералы преимущественно гидрослюдистого состава). Если в цементе присутствует кремнезем, то он имеет вид колломорфного, слабо раскристаллизованного кремнисто-гидрослюдистого агрегата. Иногда отмечается сидерит, кальцит, но сколько-нибудь значительной роли в формировании цемента они не играют.

Следовательно, при переходе углей от Д до Г, степень преобразования в песчаниках, их вмещающих, значительно выше, чем в алеврито-пелитовых породах, что, по-видимому, обусловлено более высокой пористостью и проницаемостью песчаников, и, следовательно, реактивностью растворов, чем в глинистых породах.

Породы, вмещающие угли марки Ж, изучались по скважинам, пробуренным на полях шахт им. А.Г. Стаханова («Капитальная») (Покровский геолого-промышленный район) и «Октябрьский рудник» (Донецко-Макеевский геолого-промышленный район).

Песчаники, вскрытые этими скважинами, преимущественно крупно- и мелкозернистые, с незначительным (~10-15%) количеством цемента порового типа. Цемент карбонатный метасоматический, в закрытых порах каолиновый, глинисто-гидрослюдистый. Характерно, что степень преобразования глинисто-гидрослюдистого цемента невысокая, сопоставимая с цементом песчаников, вмещающих угли марки Г. Кислые растворы, богатые SiO_2 и Al_2O_3 , способствовали образованию каолинитов и тормозили процесс гидрослюдизации. Усложнило исследование тот факт, что угленосные толщи шахт содержат угли смешанных марок (Г и Ж), что подтверждает петрографический состав изученных песчаников, т. е., изученные горизонты являются промежуточными (переходными).

Алевритовые, реже алевритистые аргиллиты (с содержанием алевритовой фракции 30% и 10% соответственно) обладают эффектом одновременного погасания, по составу глинисто-гидрослюдистые, гидрослюдистые. При сравнении с алевритовыми аргиллитами, вмещающими угли марки Г, очевидна более высокая степень катагенеза пород с углями марки Ж.

Породы, вмещающие угли марки К, изучались по пробам, отобранным из скважин, пробуренных на полях шахт: «Суходольская-Восточная», им. Н.П. Баракова (Краснодонский геолого-промышленный район), им. А.М. Горького (Донецко-Макеевский геолого-промышленный район).

Песчаники мелко-, среднезернистые, кварцевые, цемент гидрослюдисто-слюдистый, поровый, контактово-поровый, иногда с конформными контактами. В закрытых порах изредка отмечается каолиновый агрегат. Основная масса цемента гидрослюдистая с чешуйками новообразованного серицита. Появление серицита среди гидрослюд – основное отличие пород марки К, т.е., это верхняя граница и глубинного катагенеза. Проявлением глубинного катагенеза можно считать и изменения на контактах зерен – конформные, микростилолитовые контакты, разъедание кварца, карбонатов.

В песчаниках, отобранных на поле шахты им. А.М. Горького, отмечена значительная (до 20%) примесь туфогенных (субграувакковых) обломков. Цемент в таких песчаниках гидрослюдистый, с большим количеством хлорита, серицита, карбонатов.

В аргиллитах фиксируется четко выраженный эффект одновременного погасания, почти не заметна криптозернистая структура гидрослюд, зато параллельно напластованию отмечаются многочисленные новообразованные игольчатые чешуйки слюды (серицита-мусковита) одного размера, равномерно распределенные по всей породе – по сути это начало этапа позднего (глубинного) катагенеза.

В алевролитах, являющихся наиболее плотно упакованным агрегатом кластического материала и слюдисто-гидрослюдистого цемента между обломками. Характерным является наличие обломков слюды – частично хлоритизированной, частично сохранившей реликтовые признаки бурого биотита.

Следовательно, основные элементы, определяющие степень преобразования пород – это проницаемость пород, их «мягкость», наличие реакционных растворов.

Известняки, отобранные на поле шахты им. Н.П. Баракова, характеризуются образованием участков мелкокристаллической структуры среди карбонатной пелитоморфной массы, что является следствием катагенеза пород.

Породы, вмещающие угли марки ОС, изучались по пробам, отобранным из скважин, пробуренных на поле шахты «Ясиновская-Глубокая» (Донецко-Макеевский геолого-промышленный район).

Рассматривались песчаники, алевролиты, алевритовые аргиллиты и аргиллиты. Песчаники мелко-, крупнозернистые, с широко развитыми конформными, меньше инкорпорационными структурами, микростилолитовыми швами. Отмечается значительное количество регенерационного кварца, развиты полосы пластической деформации. Цемент гидрослюдисто-слюдистый, в отдельных порах чисто серицитовый с новообразованными чешуйками мусковита размером ~ 0,05 мм, в то время как в песчаниках, вмещающих угли марки К, мусковит еще не образуется. В то же

время в субграувакковых песчаниках, вмещающих угли марки ОС, процессы преобразования цемента замедлены, и минералов по степени метаморфизма выше серицита не отмечено.

Алевритистые аргиллиты, вмещающие угли марки ОС, содержат в основной массе уже значительное количество мусковита, и при скрещенных николях, при эффекте одновременного погасания основная масса аргиллитов плеохроорирует уже и цветом мусковита (с двупреломлением 0,25-0,30), а не однородным желтым цветом гидрослюд, как на стадиях Г, Ж. В аргиллитах, содержащих углистый материал, иногда тонкодетритовый (углистый аргиллит), глинистый материал преобразован слабее, чем в аналогичных безуглистых разностях, т.е. образование слюд замедленно. Данный факт противоречит общепринятому мнению, что присутствие углистого материала служит своего рода катализатором катагенических процессов. При наличии сидеритовых включений в аргиллитах на стадии ОС появляется метаморфогенный пирит.

Породы, вмещающие угли марки Т, изучались в пробах, отобранных на полях шахт «Ломоватская» (Алмазно-Марьевский геолого-промышленный район) и им. А.М. Горького (Донецко-Макеевский геолого-промышленный район).

Песчаники, отобранные на поле шахты «Ломоватская» неотсортированные, мелкозернистые с примесью алевритистого материала в базальном цементе. Обломки представлены кварцем, на отдельных участках отмечены конформные структуры, обломки слюды хлоритизированы, иногда отмечается каолинит. Цемент гидрослюдисто-слюдистый, слюдистый, с большим количеством мелких сидеритовых конкреций пелитовой структуры.

Следует отметить, что породы изначально глинистого состава (аргиллиты) или содержащие значительное количество глинистых минералов (алевролиты), на стадиях Т и А относятся к сланцам – глинистым и песчаным соответственно.

Глинистые сланцы, отобранные на поле шахты им. А.М. Горького, имеют четко выраженную сланцевую структуру, характеризующихся эффектом одновременного погасания, с многочисленными чешуйками мусковита, ориентированных параллельно наслоению, причем, большое количество его определяет состав породы, как гидрослюдисто-слюдистый.

Породы, вмещающие угли марки А, изучались в пробах, отобранных на полях шахт им. Газеты «Известия», «Запорожская», №12 «Основная» (Боково-Хрустальский геолого-промышленный район), «Постниковская» (Торезско-Снежнянский геолого-промышленный район).

В отобранных пробах антрацитов присутствует весь комплекс обломочных пород – песчаники, песчаные сланцы, глинистые сланцы. Характерная особенность пород, вмещающих угли марки А, является повышенное количество карбонатов – кальцита и арагонита метасоматического происхождения. В известняках, вмещающих антрациты, отмечается неравномерная (пятнистая) перекристаллизация до мелко-, среднезернистого состава.

Песчаники средне-, мелкозернистые, с элементами конформных структур.

Зерна кварца характеризуются гранулированием, полосчатостью, иногда двойникованием, мозаичным угасанием, что свидетельствует о том, что порода подвергалась одностороннему давлению.

Типичным является кальцитовый цемент, образуя пойкилобластические структуры («фонтенбло»), когда в крупных зернах кальцита как бы «плавают» псаммитовые обломки кварца с резорбированными, разъеденными кальцитом зубчатыми краями. Помимо кальцитового, отмечается слюдистый цемент, иногда кремнисто-гидрослюдистый, причем тонкоагрегатный кварцевый материал окаймляется гидрослюдами.

В песчаных и песчано-глинистых сланцах цемент слюдистый, причем мусковитовый (с двупреломлением 0,36–0,40), плеохроирующий в красно-синих тонах – такой мусковит характерен только для пород, вмещающих антрацит. В некоторых глинистых сланцах в слюдистой массе фиксируются кристаллы доломита ромбической формы. Если присутствуют сидеритовые стяжения, то они интенсивно кальцитизированы. Полученные результаты обобщены и приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Минеральные преобразования осадочных пород в зависимости от стадии катагенеза

Марка угля	Минеральные преобразования в литологическом типе породы		Стадия катагенеза
	песчаники	аргиллиты	
Д	Слабые преобразования – цемент представлен темно-серой криптозернистой массой гидрослюдисто-глинистого состава, каолинит	Основная масса цемента криптозернистая, содержит, помимо гидрослюды, иллиты, глинисто-каолиновый агрегат, плеохроирующий в слабозелтых тонах, с незначительной примесью монтмориллонита. Появляется слабо выраженный эффект одновременного погасания	средний катагенез
Г	Незначительное количество криптозернистого-глинисто-гидрослюдистого агрегата (по обломкам пород) гидрослюды, монтмориллонит	Гидрослюды, монтмориллонит, умеренно выраженный эффект одновременного погасания	средний катагенез
Ж	Гидрослюды, монтмориллонит	гидрослюды, монтмориллонит, четко выраженный эффект одновременного погасания	поздний катагенез
К	Гидрослюды, новообразованные чешуйки серицита	гидрослюды, погасает, как одно зерно	поздний (глубинный) катагенез
ОС	Незначительное количество гидрослюды, серицит, новообразования мусковита	серицито-гидрослюдистый агрегат с эффектом одновременного погасания	поздний (глубинный) катагенез
Т	Серицит- мусковитовый цемент	гидрослюдисто-мусковитово-серицитовый агрегат с новообразованиями карбоната	ранний метагенез
А	Мусковит с примесью серицита, метасоматический карбонат	слюдистые сланцы с кристаллами карбоната	метагенез-метаморфогенный метагенез

Изменения пород в процессе катагенеза и метагенеза происходили под влиянием различных факторов, основными из которых являются: уплотнение пород при погружении и увеличение статического давления и, соответственно, температуры; реактивность поровых растворов, состав которых менялся при минеральных изменениях толщи; структурных изменениях обломков, метасоматоза (возможно автосоматоза). Интенсивность процессов катагенеза зависит от гранулометрического состава обломочных пород – наиболее чувствительны к изменениям условий, и соответственно катагенетическим преобразованиям в них, аргиллиты, затем следуют песчаники, и, наиболее инертные, чистые алевролиты – видимо, вследствие плотности упаковки первичного псаммито-алевритового материала, тормозящего движение поровых растворов, и малого количества цемента.

Анализ полученных данных показал, что структурные изменения обломков наиболее выражены в псаммитовом материале песчаников – разобщенные (при марочном составе углей Д) в цементе обломки кварца (преобладающие в составе песчаников Донбасса) при увеличении катагенеза постепенно регенерируются (начиная при марках Ж-К), растворяясь по плоскостям наибольшего давления и перераспределяясь в виде регенерационного кварца к плоскостям наименьшего давления, соотносясь с первоначальной структурой кристаллов кварца.

С увеличением степени катагенеза в песчаниках появляются конформные и инкорпорационные структуры, микростилолитовые швы (в том числе и вследствие регенерационного кварца).

Полевые шпаты, в зависимости от первичного состояния (выветрелости), реактивности поровых растворов, пелитизировались, затем серицитизировались, на стадии глубинного метагенеза (угли марки А), как правило, полностью замещались слюдой или «съедались» кальцитом. Видимо, это обусловлено как превращениями на стадии разрушения и сноса обломков, так и дальнейшими преобразованиями. Обломки слюд, попадающие в породы, также носят следы преобразования пород при катагенезе – на ранних стадиях (вмещающих угли марок Д-Г) расположение чешуек беспорядочно – они произвольно заполняют поры между более крепкими обломками кварца и другого псаммитового материала. По мере увеличения стадии катагенеза обломки «приспосабливаются» – изменяют форму, изгибаются, обесцвечиваются, по ним развиваются каолинит и хлорит (в зависимости от состава поровых растворов). На стадии глубинного катагенеза-метагенеза слюды исчезают, преобразуясь в общую слюдистую массу цемента, или замещаясь кальцитом.

Преобразования цемента являются наиболее показательным фактором процессов, происходящих в угленосной толще при катагенезе – метагенезе. Гидрослюдисто-глинистый агрегат с незначительным количеством монтмориллонита, цементирующий обломки в песчаниках или составляющий основную массу аргиллитов, вмещающих каменные угли марки Д, по мере увеличения марочного состава углей, превращается постепенно в глинисто-

гидрослюдистый, гидрослюдистый состав, на стадии К появляется серицит, превращающийся в единичные зерна мусковита (ОС). В породах, вмещающих антрациты, в цементе преобладает слюда, причем, мусковит носит черты минерала глубинного происхождения, плеохроируя в сине-красных тонах (двупреломление, типичное для первичного мусковита). Если проанализировать температуру образования первичного мусковита, можно корректировать существующие представления о температуре образования антрацитов. Глинистые сланцы в породах, вмещающих антрациты, также по составу приближаются к слюдыстым сланцам метаморфогенного происхождения. Преобразования минералов влекут за собой изменения состава поровых растворов, что выражается в интенсивной кальцитизации пород, причем, это наиболее ярко выражено в антрацитах, где образуется пойкилобластовая структура типа «фонтенбло» цемента базального типа. Резкое преобразование слюды и кальцитизация пород, вмещающих антрациты, свидетельствует о резком «скачке» условий, при которых произошла антрацитизация каменных углей.

Основываясь на полученных данных о минералах-индикаторах стадий постдиагенетических преобразований пород и изучив минеральный состав вмещающих пород, можно судить о марочном составе углей, и перспективах промышленной газоносности – прогнозировать газонасыщенность толщи и вероятность образования скоплений свободного метана. С верхней границей позднего катагенеза (марка углей Г) связано резкое увеличение газоносности угольных пластов и переход их в разряд выбросоопасных.

Выводы:

1. Петрографически уточнены по новым данным особенности минеральных изменений в песчаниках и глинистых породах в зависимости от стадии их постдиагенетических преобразований.

2. Верхней границей позднего катагенеза служат преобразования в цементе глинисто – гидрослюдистого агрегата в чисто гидрослюдистый и исчезновение монтмориллонита.

3. Верхней границей глубинного катагенеза является переход пород, вмещающих угли марок ОС, Т → А, т.е. переход низкотемпературного политипа слюды 1М к высокотемпературному 1М₁. Эти преобразования наиболее показательны в литотипе аргиллит → слюдыстые сланцы, где гидрослюдисто-слюдыстый состав преобразуется в мономинеральный мусковитовый. В песчаниках это аутометасоматические замещения цемента крупнокристаллическим кальцитом (структура «фонтенбло»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Einsele, G. Sedimentary Basins. Evolution, Facies, and Sediment Budget, 2nd ed. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong: Springer-Verlag 2000, 792 pp.
2. Bruce H. Wilkinson, Brandon J. McElroy, Stephen E. Kesler, Shanan E. Peters, Edward D. Rothman Global geologic maps are tectonic speedometers—Rates of rock cycling from area-age frequencies, GSA Bulletin (2009), 121(5-6), pp. 760-779.
3. Логвиненко Н.В. Постдиагенетические изменения осадочных пород, М.: Наука, 1968, 92 с.
4. Логвиненко Н.В., Орлова Л.В. Образование и изменение осадочных пород на континенте и в океане, Л.: Недра, 1987, 237 с.
5. Дриц В.А., Коссовская А.Г. Глинистые минералы: смектиты, смешанослойные образования, М.: Наука, 1990, 219 с.
6. Дриц В.А., Коссовская А.Г. Глинистые минералы: Слюды, хлориты, М.: Наука, 1991, 176 с.
- 7 Карпова Г.В. Глинистые минералы и их эволюция в терригенных отложениях, М.: Недра, 1972, 173 с.

8. Ларсен Г., Чилингар Дж. Диagenез и катагенез осадочных образований, М.: Мир, 1971, 464 с.
9. Вассоевич Н.Б. Геохимия органического вещества и происхождение нефти, М.: Наука, 1986, 368 с.

REFERENCES

1. Einsele G. (2000), *Sedimentary Basins. Evolution, Facies, and Sediment Budget*, 2nd ed., : Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong .
2. Bruce H. Wilkinson, Brandon J. McElroy, Stephen E. Kesler, Shanan E. Peters and Edward D. Rothman (2009), «Global geologic maps are tectonic speedometers—Rates of rock cycling from area-age frequencies», *GSA Bulletin* ,121 (5-6), pp. 760-779.
3. Logvinenko N.V. (1968), *Postdiageneticheskiye izmeneniya osadochnykh porod* [Postdiagenetical changes of siltages], Nauka, Mjscow, SU.
4. Logvinenko N.V. and Orlova L.V. (1987), *Obrazovaniye I izmeneniye osadochnykh porod na kontinente i v okeane* [Education and change of siltages on a continent and in an ocean], Nedra, Leningrad, SU.
5. Drits V.A. and Kossovskaya A.G. (1990), *Glinistyе mineraly: smektyty, smeshannosloynnye obrazovaniya* [Clay minerals: smektyts, mixed-layer educations], Nauka, Moscow, SU.
6. Drits V.A. and Kossovskaya A.G. (1991), *Glinistyе mineraly: slyudy, khlority* [Clay minerals: micas, chlorits], Nauka, Moscow, SU.
7. Karpova G.V. (1972), *Glinistyе mineraly i ikh evolyutsiya v terrigennykh otlozheniyakh* [Clay minerals and their evolution in the terrigen deposits], Nedra, Moscow, SU.
8. Larsen G. and Chilingara Dzh. (1971), *Diagenез i katagenез osadochnykh obrazovaniy* [Dyagenез and katagenез of sedimentary educations], Mir, Moscow, SU.
9. Vassoyevich N.B. (1986), *Geokhimiya organicheskogo veshchestva I proiskhozhdeniye nefi* [Geochemistry of organic matter and origin of oil], Nauka, Moscow, SU.

Про авторів

Безручко Константин Андреевич, доктор геологических наук, старший научный сотрудник, заведующий отделом геологии угольных месторождений больших глубин, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепр, Украина, gvrvg@meta.ua

Пимоненко Людмила Ивановна, доктор геологических наук, ведущий научный сотрудник отдела геологии угольных месторождений больших глубин, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепр, Украина, gvrvg@meta.ua

Кузнецова Любовь Дмитривна, магистр, главный технолог отдела геологии угольных месторождений больших глубин, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепр, Украина, gvrvg@meta.ua

Дрожжа Тетяна Михайлівна, магистр, ведущий инженер отдела геологии угольных месторождений больших глубин, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепр, Украина, gvrvg@meta.ua

About the authors

Bezruchko Kostiantyn Andriivych, Doctor of Geology Sciences (D.Sc), Senior Researcher, Head of Department of Geology of Coal Beds at Great Depths, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, gvrvg@meta.ua

Pymonenko Ludmila Ivanivna, Doctor of Geology Sciences (D.Sc), Principal Researcher of Department of Geology of Coal Beds at Great Depths, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, gvrvg@meta.ua

Kuznetsova Lubov Dmytrivna, Master of Science, Chief Technologist in the Department of Geology of Coal Beds at Great Depths, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, gvrvg@meta.ua

Drozhdzha Tetiana Mykhailivna, Master of Science, Principal Engineer in the Department of Geology of Coal Beds at Great Depths, N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, gvrvg@meta.ua

Анотація. Проведені петрографічні дослідження речовинного складу осадових гірських порід вугленосної товщі Донбасу. Досліджувалися шахтні проби та проби, відібрані з геологорозвідувальних свердловин Донецько-Макіївського, Покровського (колишній Червоноармійський), Лисичанського, Південно-Донбаського, Боково-Хрустальського, Торезько-Сніжнянського, Алмазно-Марьївського та Краснодонського геолого-промислових раойнів. Вивчалися породи, що вміщують вугілля у діапазоні від довополуменевих до антрацитів. Отримано нові дані щодо мінерального складу гірських порід вугленосної товщі різного ступеню ката- і метагенезу. Уточнені (встановлені та описані) за новими петрографічними даними особливості мінеральних змін у пісковиках і глинистих породах залежно від стадії їх постдіагенетичних перетворень. Показано, що верхньою межею стадії пізнього катагенезу служать перетворення глинисто-гідрослюдяного агрегату цементу порід у чисто гідрослюдяний та зникнення монтморилоніту. Верхньою межею глибинного катагенезу є перехід порід, що містять вугілля марок ПС, П → А, тобто перехід низькотемпературного політипу слюди 1М до високотемпературного 1М₁.

Ці перетворення найбільш показові у літотипі аргіліт → слюдяні сланці, де гидрослюдиисто-слюдистий склад перетворюється у мономінеральний мусковітовий. У пісковиках це автотасоматичне заміщення цементу великокристалічним кальцитом (структура типу "фонтенбло"). Різке перетворення слюди та кальцитизація порід, що вміщують антрацити, свідчить про різкий "стрибок" умов, за якими сталася антрацитизація кам'яного вугілля. Отримані дані дозволяють, грунтуючись на вказаних мінералах-індикаторах та вивченні мінеральних перетворень у вміщуючих породах, оцінювати марочний склад вугілля та перспективи промислової газонасності досліджуваних ділянок – прогнозувати газонасненість товщі та імовірність утворення скупчень вільного метану. З верхньою межею пізнього катагенезу (марка вугілля Г) пов'язано різке збільшення газонасності вугільних пластів і перехід їх до категорії викидонебезпечних.

Ключові слова: Донбас, вугленосна товща, осадові породи, петрографічний склад, катагенез, метагенез.

Annotation. Petrographic researches of mineral composition of sedimentary rocks in Donbas carboniferous stratum were conducted. Samples taken from the mines and samples taken from exploratory boreholes in the Donetsk-Makiivka, Pokrovsk (former Chervonoarmiysk), Lysychansk, South-Donbas, Bokovo-Hrustalnyy, Torezs-Snizhnyansk, Almazno-Mariivska and Krasnodon geological-industrial districts were studied. Rocks containing coals in a range from jet coal to anthracite were researched. New data about mineral composition of the carboniferous stratum rocks of different degree of cata- and metagenesis were obtained. The features of mineral changes in sandstones and clay rocks depending on the stage of their post-diagenetic transformations were specified (explored and described) by new petrographic data. It is shown that upper boundary of the late catagenesis stage consists of transformations of the clay-hydromicaceous aggregate of rocks cement into cleanly hydromicaceous and disappearance of montmorillonite. Upper boundary of the deep catagenesis includes transition of rocks containing coal grades OS, T → A, i.e. transition of the low temperature micas polytype 1M to high temperatures 1M₁. These transformations are mostly significant in litotype argillite → mica shales, where hydromicaceous-micaceous composition is transformed into monomineral muscovite. In sandstones, it is the autometasomatism substitutions of cement by macrocrystalline calcite (the structure of «fontenblo type»). Sharp transformation of mica and calciteization of rocks containing anthracites, are the evidences of the sharp "jump" of conditions, at which anthraciteization of bituminous coals has happened. On the basis of specified minerals-indicators and the studied mineral transformations in the host rocks, it is possible to make a conclusion about the coal composition by grades and commercial gas content in the investigated districts, i.e. to forecast gas saturation of the massif and probable formation of free methane accumulations. The sharp increase of gas content in the coal beds is related to the upper boundary of late catagenesis (gas-coal grade) and their transition to the category of outburst-prone strata.

Keywords: Donbas, carboniferous strata, sedimentary rocks, petrographic composition, catagenesis, metagenesis.

Стаття надійшла до редакції 18.05. 2018

Рекомендовано до друку д-ром геол.-мін. наук Лукіновим В.В.