

ОСОБЕННОСТИ ПЕТРОГЕНЕЗА АРГИЛЛИТОВ В КАЛЮССКИХ СЛОЯХ ВЕНДА НА ЮГО-ЗАПАДНОЙ ОКРАИНЕ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Калюссские слои нагорянской свиты могилев-подольской серии венда, залегающие на юго-западном склоне Восточно-Европейской платформы (Днестровский перикратонный прогиб), имеют однообразное строение, основная часть объема представлена аргиллитами серыми и темно-серыми, содержащими конкреции фосфоритов.

В аргиллитах калюссских слоев установлена карбонатная и впервые для этого разреза выявлена каолинитовая минерализация, определен франколит. Сонахождение карбонатных, фосфоритных и высокоглиноземистых пород может служить индикатором петрогенеза и указывать на специфические условия преобразования осадка.

Калюссские слои сформировались в морских условиях. В раннекаллюское время это был мелководный бассейн с небольшими поднятиями и застойными водами при относительно высоком поступлении алевритовой и псамитовой кластики. Такие условия достаточно быстро сменились обстановками открытого морского бассейна, в котором отлагался глинистый материал. Окружающая суша была пенеупленизированной, низкой; размывались коры выветривания, прежде не затронутые эрозией.

Основные тенденции химического выветривания на водосборах и зрелость поступавшего в область седиментации тонкого терригенного материала, палеоклимата, состав источников сноса, окислительно-восстановительные обстановки и другие условия для калюссских слоев были реконструированы с помощью литолого-петрохимического анализа. Развернутую характеристику аргиллитов, фосфатных аргиллитов и высокоглиноземистых пород приводим, используя классификацию и литохимические приемы Я.Э. Юдовича [3].

Микроскопическое изучение вмещающих аргиллитов (ВА) показало, что они имеют чешуйчатую дисперсную структуру, беспорядочную, параллельную или спутанную. Минеральный состав аргиллитов хлорит-каолинит-гидрослюдистый. Отмечаются монтмориллонит аутигенный и рентгеноморфная фаза, а также в значительных количествах глобулярный пирит. Гидролизатный модуль, как показатель двух важнейших гипергенных процессов — выщелачивания и гидролиза ($GM = (TiO_2 + Al_2O_3 +$

+ $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO}$) / SiO_2), для ВА изменяется от 0,28 до 0,61. Согласно литохимической классификации [3], ВА аттестуются как миосилиты до гипогидролизатов, что свидетельствует о наличии как незрелых в петрографическом и петрохимическом отношении отложений, так и высокодифференцированных осадков. Алюмокремниевый модуль ($\text{AM} = \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2$) соответствует значениям 0,20—0,43 и согласуется с показателями ГМ, что позволяет классифицировать породы как суперглиноземистые. Фемический модуль ($\text{ФМ} = (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO} + \text{MgO}) / \text{SiO}_2$) изменяется в интервале 0,10—0,20 и характеризует породы как нормофемические. Щелочной модуль ($\text{ЩМ} = \text{Na}_2\text{O} / \text{K}_2\text{O}$) соответствует значениям 0,03—0,17, что отвечает гипонатровой градации. Модуль нормированной щелочности ($\text{НКМ} = (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / \text{Al}_2\text{O}_3$) для ВА не превышает 0,20, что показывает их гипощелочность. НКМ заметно уменьшается вверх по разрезу, что свидетельствует об увеличении от подошвы к кровле содержания слюд (пониженное значение НКМ хорошо согласуется с большим количеством бесщелочных алюмосиликатов гидрослюды (хлорита, каолинита, монтмориллонита)). Это также подтверждается диаграммой $\text{ФМ}((\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO} + \text{MgO}) / \text{SiO}_2) - \text{НКМ}((\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / \text{Al}_2\text{O}_3)$ [3], на которой фигуративные точки попадают в поле глинистых пород с преобладанием монтмориллонита с примесью каолинита и в подчиненном количестве гидрослюды. Показатель титанового модуля ($\text{ТМ} = \text{TiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$) составляет 0,04—0,06 и характеризует аргиллиты, как нормотитанистые. Изменение железистого модуля ($\text{ЖМ} = (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO}) / \text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$) для ВА происходит в интервале 0,31—0,47 и классифицирует их, как норможелезистые. Согласно значению закисного модуля ($\text{ЗМ} = \text{FeO} / \text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,32—1,83$), сделан вывод о преобладании в бассейне в калюсское время восстановительных условий.

В нижней части калюсских слоев отмечаются карбонатные прослои со структурой конус-в-конус. Они представлены кальцитом и имеют повышенное содержание марганца. Расположение карбонатных прослоев по разрезу беспорядочное, мощность от 1 до 10 см, протяженность до 40 м. Впервые их описал М.Ф. Стащук [2]. Образование этих пород происходило в процессе диагенеза в результате кристаллизации карбонатных гелей, о чем свидетельствует неправильная форма зерен кальцита.

В калюсских слоях довольно широко развиты фосфориты. Установлено три типа фосфатной минерализации — рассеянная, конкреционная [1] и линзовидная. Линзовидные фосфатные стяжения впервые были описаны М.Ф. Стащук, их мощность 3—4 см, протяженность до 3—3,5, чаще 0,5—0,7 м. Фосфориты залегают согласно напластованию и приурочены преимущественно к алевроитовым разностям аргиллитов. При микроскопическом изучении установлено изотропное фосфатное вещество в виде очень мелких, не более 0,001 мм, зерен неправильной формы. Постоянно отмечаются единичные округлые зерна глауконита и глобулярный пирит.

Содержание оксида фосфора в фосфатных аргиллитах (ФА), согласно химическому составу, изменяется от 4 до 30 %. Повсеместно отмечаются в породах фтор и хлор. По данным рентгенографического анализа, ФА сложены гидрослюдой, кварцем. Фосфатный минерал — франколит. Фосфатные аргиллиты представлены тонкодисперсным веществом с незначительным содержанием кристаллической фазы. Пересчет химического состава пород на минеральный показывает колебания содержания франколита 15,7—47,9 %, иллита 32,7—43,0, каолинита 4,7—21,0, кварца 7,7—21,0 %.

Для фосфатных аргиллитов ГМ варьирует от 0,55 до 0,65, породы аттестуются как гипогидролизаты, т. е. генетически связаны с продуктами кор вывет-

ривания. $AM = 0,35 \pm 0,04$, что, согласно градации хемотипов, не являющихся сиаллитами, характеризует ФА как нормоглиноземистые. ФМ отличается в целом незначительными вариациями ($0,25 \pm 0,03$) и по стандарту для гидролизатов аттестуются как нормофемические породы. ЩМ, НКМ и ТМ определить не представляется возможным; содержания Na_2O и TiO_2 либо незначительны, либо не обнаружены. Согласно диаграмме ФМ—НКМ, фигуративные точки попадают в поле глинистых пород с преобладанием хлорита и примесью железистых гидрослюдов. Значения ЖМ для ФА изменяются в интервале $0,70 \pm 0,05$, что определяет их как норможелезистые. Величина ЗМ (1,32—1,83) свидетельствует о том, что ФА образовывались в восстановительных условиях.

Фосфор, очевидно, поставлялся в бассейн осадконакопления потоками, стекавшими с гумидной равнины (Украинский щит), в виде взвесей и выпадал в осадок на участке смешения морских и речных вод, рассеиваясь среди терригенного материала. Переслаивание фосфоритов с безрудными карбонатами, алевритами свидетельствует о строгой подчиненности фосфаторудного процесса принципу Ле Шателье, когда каждое (например сезонное) изменение температуры морского бассейна приводит к нарушению химического равновесия, которое восстанавливается тотчас после выпадения в осадок избыточного объема рудного вещества, и рудогенез прекращается до нового изменения физико-химических характеристик среды. Фосфор мигрирует в растворенном состоянии в слабокислой среде (рН 4—6), его максимальная устойчивость, соответствующая условиям осаждения, отмечается в пределах рН 6,5—9, т. е. уже при небольшом изменении характера среды в сторону щелочности происходит садка фосфора. Ловушками фосфора, прежде всего, являются карбонатные породы, создающие щелочную среду. Недостаток фосфора, поступающего из областей питания, и частая смена рН среды осадконакопления не способствовали значительному накоплению фосфатных аргиллитов.

Стяжения насыщенных фосфатным материалом пород в линзы и желваки, а также образование минеральных форм происходили только в период диагенеза. Тот факт, что фосфатный материал представлен франколитом и не успел перекристаллизоваться в апатит, служит косвенным признаком быстрого захоронения осадка.

Высокоглиноземистые породы (ВП) отмечаются в верхней части калюсских слоев и представляют собой светлые, почти белые, светло-серые афанитовые образования, которые образуют прослой мощностью до 5 см и протяженностью до 5 м.

При микроскопическом и электронно-микроскопическом исследовании ВП обнаруживается тонкодисперсная структура. На ее фоне выделяются отдельные округлые стяжения мелких, менее 0,007 мм, изометричных пластинок каолинита с низкими интерференционными окрасками, червеобразные причудливо изогнутые формы, отдельные пластинки величиной до 0,01 мм.

Химические анализы ВП показывают содержание глинозема в породе 30,5—36,8 %, тогда как во вмещающих аргиллитах количество его не превышает 21,1—22,1 %.

Пересчет на количественное содержание компонентов дает следующий минеральный состав, %: каолинит 70—85, кварц 6—14, гидрослюды 4,5—20, франколит (только в одном образце) до 11.

Для высокоглиноземистых пород ГМ составляет от 0,78 до 0,88, они аттестуются как гипо- и нормогидролизаты, что свидетельствует о значительном отделении продуктов гидролиза от кремнезема и о возможном наличии свободных оксидов алюминия в породе. АМ соответствует значениям 0,71—0,79, что

характеризует породу, как нормоглиноземистую. Значения $ФМ = 0,046—0,098$ свидетельствуют о гипофемичности породы. На диаграмме $ФМ—НКМ$ фигуративные точки попадают в поле глинистых пород с преобладанием каолинитового состава. $ЩМ$ варьирует в пределах $0,14—0,47$ и отражает их гипо- и нормонатровость. Согласно $НКМ$, $ВП$ отвечают гипо- и нормощелочным породам с модульными изменениями в интервале $0,015—0,047$. По значениям $ТМ = 0,007—0,034$ породы имеют гипо- и нормотитанистый состав. $ЖМ$ варьирует в пределах $0,036—0,10$, что характеризует их как гипожелезистые. $ЗМ$ со значениями $0,21—0,98$ свидетельствует о преобладании в бассейне в момент формирования $ВП$ окислительных условий.

Областью осаждения $ВП$ могла быть зона, которая была расположена на некотором удалении от берега моря и не проникала в центральную часть бассейна осадконакопления. Осаждение материала происходило при изменении гидрохимических условий среды от слабокислых до слабощелочных. Об этом также свидетельствует совместное нахождение глиноземистого и фосфатного материала, осаждавшегося в слабощелочных условиях.

Модульная интерпретация состава $ВА$ и $ВП$ калюсских слоев дала возможность выявить различия в их образовании. Для $ВП$ характерно повышение по сравнению с $ВА$ на порядок величин $ГМ$, $АМ$, $ЩМ$ при одновременном понижении в той же пропорции $ФМ$, $НКМ$, $ТМ$, $ЖМ$, $ЗМ$.

Источником материала, из которого сформировались изученные породы, вероятно, была кора выветривания, развивавшаяся на кислых кристаллических породах Украинского щита в условиях влажного тропического жаркого климата с достаточно хорошо выраженными влажными и сухими сезонами.

Таким образом, наличие $ВП$, $ФА$ и карбонатной минерализации в разрезе вендских отложений указывает на начавшуюся структурную перестройку областей сноса, что обусловило транспортировку в морской бассейн незрелой кластики с материалом кор выветривания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Великанов В.А. О закономерностях распределения фосфоритовых конкреций в калюсских слоях венда Подолии // Литология и полез. ископаемые. — 1975. — № 6. — С. 84—90.
2. Стацук М.Ф. Літологічні особливості давньопалеозойських відкладів Середнього Приністров'я // Тр. ІН УРСР. Сер. Стратиграфія та палеонтологія. — 1958. — Вип. 21. — 43 с.
3. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. — СПб.: Наука, 2000. — 479 с.