

ИРИНА М. АФАНАСЬЕВА*

УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИЕ ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ФАНЕРОЗОЯ СОВЕТСКИХ КАРПАТ И ИХ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

(Рис. 2, Таб. 1)

Резюме: Автор анализирует ассоциации следов (рудных) отражающих глобальные, океанские среды и среды тектонических плит в верхнем кембрии, верхнем триасе, юре, нижнем меле и олигоцене альпид и соседних районов. Она объясняет их миграцию или повышенную концентрацию в условиях последующего тектонического режима.

Abstract: The author analyses trace elements (ore) associations reflecting global, oceanic, plate tectonic environments in the Upper Cambrian, Upper Triassic, Jurassic, Lower Cretaceous and Oligocene of alpides and adjacent regions. She explains their migration or raised concentration in the conditions of subsequent tectonic regime.

На различных возрастных уровнях фанерозойского разреза Восточных Карпат происходило формирование углеродсодержащих пород. В пределах региона выделяются следующие литологические комплексы: метаморфический углеродисто-глинисто-кремнистый кембрийский, углеродисто-кремнисто-глинистый поздне триасовый, углеродисто-глинисто-кремнистый и углеродисто-карбонатный позднеюрские, углеродисто-кремнисто-глинистый раннемеловой и углеродисто-глинисто-кремнистый и углеродисто-туфогенный олигоценовые.

В изученных углеродсодержащих комплексах пород органическое вещество (ОВ) по составу микрокомпонентов представлено в основном двумя типами: сапропелевым и гумусовым; реже обнаруживает смешанную природу, где углистые остатки наземной растительности ассоциируются с фитопланктоном.

Анализ накопленных данных о локализации обстановок формирования морских углеродистых пород приводит к выводу о тесной связи их с зонами перехода от континента к океану, с материковыми окраинами. Большая протяженность материковых окраин, благоприятный тектонический режим, а также поступление значительных количеств питательных веществ, приносимых как с суши, так и из глубин океана, обусловило широкое распространение углеродистых отложений на границе континента и океана. Причем, на континентальных окраинах существуют условия, благоприятные не только для накопления ОВ в осадках, но и для сохранения его на последующих этапах литогенеза.

Отложения, обогащенные углеродистым веществом и целым комплексом рудных элементов, которые возникали в определенных историко-геологических условиях на протяжении всей истории Земли, могут быть отнесены к группе сквозных формаций. Эти уровни пород являются отра-

*Д-р И. М. Афанасьева, Институт геохимии и физики минералов АН УССР, пр. Палладина 34, 252680 Киев-180.

жением так называемых «глобальных океанических событий развития восстановительных обстановок».

Многие факты, в частности исследования Дженкинса (Jenkins, 1980), свидетельствуют о том, что накопление углеродсодержащих пород на всем протяжении мезо-кайнозоя контролировалось тектоническим режимом и было приурочено к эпохам максимального развития трансгрессий, когда создавались наиболее благоприятные условия для обильного развития биомассы, накопления и захоронения ее остатков.

В отличие от других исследователей, Неручев (1976), Неручев — Бекетов (1981) связывает периодичность глобальных эпох накопления «черных сланцев» с периодами активизации рифтовых систем Земли. В эти эпохи сланценакопление сопровождалось трансгрессиями, высокой сейсмической активностью, вулканизмом, а также повышенной радиоактивностью. За счет насыщавшегося ураном и отмиравшего планктона происходило накопление больших масс сапропелевого ОВ в осадках, обогащенного ураном. Последняя известная нам радиоактивная эпоха, фиксирующаяся по обогащенным ураном сапропелевым осадкам Черного и Средиземного морей, имела место примерно 7—3 тысячи лет тому назад.

Эпохи повышенной биопродуктивности нередко связывают с проявлениями вулканической активности, что выражается в наличии прослоев туфов, бентонитов, окремнелости и др. Минеральная часть углеродистых пород очень часто представлена пепловым материалом или продуктами его преобразования. Нередко кремнистый компонент в углеродисто-кремнистых и углеродисто-глинисто-кремнистых породах поступал вместе с продуктами вулканических и поствулканических процессов. Известно, что бассейны с интенсивной пепловой седиментацией были более благоприятными для развития планктонных микроорганизмов. Бурный расцвет планктона обуславливался поступлением вместе с вулканическим пеплом большого количества легкоусвояемых микроорганизмами веществ, стимулирующих их размножение и рост.

В пределах северо-западного окончания Мармарошского массива среди сланцевых пород верхнеделовецкой подсветы кембрийского возраста залегают пачки углеродсодержащих пород, обогащенных рядом рудных элементов. По характеру сложения ритмтолща, включающая углеродистые метапелиты, углеродистые метасилициты, углеродисто-карбонатные сланцы, переслаивающиеся с безуглеродистыми метапелитами, метасилицитами и метатуйфитами, напоминает строение флишовой толщи с трансгрессивным разрезом. В составе ОВ, которое обогащает эти породы, установлен полуантрацит-графитовый ряд минералов углерода. Существенное влияние на преобразование углеродистого вещества оказал дислокационный метаморфизм, наложенный на регионально метаморфизованные породы.

Формирование этого комплекса осадков происходило в завершающие этапы развития палеозойской Пракарпатской геосинклинальной системы. В этой части морского бассейна происходило накопление углеродистых илов, обогащенных глинисто-кремнистым материалом с небольшой примесью алевролитов и фосфатов. Наличие пирокластических, углеродис-

тых и фосфатсодержащих пород свидетельствует о не слишком больших глубинах их образования, характерных для материковых окраин.

В вендско—кембрийское время большие площади Европы были покрыты водами неглубоких эпиконтинентальных морей, в которых шло накопление довольно своеобразного «набора» осадков: пластовые фосфориты, углеродисто-кремнистые сланцы, кварциты, железо-марганцевые руды и др. Т и м о ф е в и др. (1983). Эта эпоха с геохимической точки зрения отличалась тем, что в это время почти на всех континентах в эпиконтинентальных морях шло усиленное накопление фосфора в виде фосфоритов, ванадия, хрома, никеля в виде углеродсодержащих фтанитов и черных сланцев.

Геологическая обстановка осадконакопления углеродистых метаосадочных пород верхнеделовецкой подсвиты способствовала аккумуляции таких биогенных компонентов как $C_{org.}$, сера, кремнезем, фосфор, высокие концентрации которых привели к появлению геохимических условий, в которых осаждался целый ряд пудогенных малых элементов. Для углеродистых метапелитов и метасилицитов устанавливается в общем аналогичный набор элементов. Это никель, кобальт, ванадий, хром, медь, цинк. Однако, для каждого литотипа выделяются свои специфические элементы, которые как правило, не встречаются в повышенных количествах в других разновидностях пород. Для метапелитов такими элементами являются свинец, олово, уран, для метасилицитов — марганец, фосфор, серебро, золото. Последнее связано, видимо, с влиянием на химизм осадков синхронных вулканических процессов. Проявления вулканизма основного и кислого состава предшествовали также формированию пород деловецкой свиты. Одним из характерных примеров влияния вулканизма и сопровождающих его процессов на состав осадков являются сами кремнистые образования — метасилициты, с которыми пространственно связаны редкие прослои метатUFFитов. Углеродистые метасилициты с прослоями метатUFFитов можно рассматривать как образования удаленновулканогенных фаций.

По истории своего развития область Восточных Карпат в триас-юрское время была своеобразна и весьма типична для геосинклинальной области с пониженной тектонической активностью. Этот этап в Карпатах приходится на перерыв между герцинским и альпийским геосинклинальными периодами развития и поэтому не случайно был назван В. И. С л а в и н ы м межгеосинклинальным этапом.

Верхнетриасовое море относительно узким проливом проходило через Восточные Карпаты из Добруджи в Западные Карпаты. Местами в наиболее глубоководных участках этого мелкого моря шло накопление углеродисто-кремнисто-глинистых илов. Обширная низменная суша нозднетриасового времени была покрыта богатой растительностью.

В углеродсодержащих кремнистых филлитовидных аргиллитах позднего триаса наблюдается рассеянное ОВ гумусового типа буроугольной стадии углефикации. В метаморфизованных разностях пород (углеродистых серицит-кварцитовых сланцах) органика преобразована до каменноугольной стадии, соответствующей длиннопламенным углям. В этих по-

родах ОВ размещается послойно, где оно приурочено к прослоям серицита.

С триасовым временем связано формирование битуминозной таврической серии (Крымский регион). Кроме того, черносланцевые толщи триасового возраста известны в ряде районов Северной Америки *Touretlot* (1979). Эти обогащенные ОВ отложения являются типичными осадками подводных окраин континентов, расположенных в зонах повышенной биологической продуктивности.

В углеродсодержащих кремнистых филлитовидных аргиллитах позднего триаса Мармарошской зоны Карпат концентрируются титан, ванадий, свинец. В метаморфизованных разностях — углеродисто-серицит-кварцитовых сланцах — уменьшается содержание всех элементов, в том числе и титана, ванадия и свинца, что связано, видимо, с разрушением металлоорганических соединений при метаморфизме. На геохимический облик осадков определенное влияние оказывал состав пород (класто- и туфолавы кислого состава), сформировавшихся в результате проявления вулканизма, связанного с поздними стадиями развития герцинской геосинклинали (карбон, пермь).

Самой крупной из мезозойских трансгрессий для территории Восточных Карпат была верхнеюрская трансгрессия. Море в течение этого периода было мелким с глубинами, соответствующими литоральной зоне. Иногда в центральных частях проливов оно достигало глубин батимальной зоны, где преобладали карбонатные, карбонатно-глинистые, карбонатно-кремнистые илы (Тиссальская зона, Чивчинские горы), содержащие значительную примесь органического углерода. В углеродисто-карбонатных, углеродисто-кремнисто-глинистых и углеродисто-глинистых породах поздней юры рассеянное ОВ относится к гумусово-сапропелевому типу бурогольной стадии углефикации.

Следует отметить, что в триасовых и юрских углеродсодержащих породах устанавливается в целом низкая степень преобразования ОВ. В метаморфизованных породах триаса степень преобразования минерального компонента опережает степень преобразования органического компонента, что характерно для пород, претерпевших динамические (стрессовые) напряжения при однородном палеогеотермическом поле.

В углеродисто-глинистых породах поздней юры, переслаивающихся с темно-серыми известняками (бассейн р. Латорицы) отмечаются повышенные содержания титана, серебра, редкоземельных элементов. В углеродисто-кремнистых породах, переслаивающихся с темно-серыми известняками титон-неокома (Тиссальская зона) концентрируются ванадий, никель, молибден, серебро, цинк, барий. В верхнеюрских углеродисто-карбонатных породах повышенные концентрации обнаруживает только марганец.

Углеродистые породы этого возраста известны в южной предгорной части Главного Кавказского хребта, где они переслаиваются с туфогенными породами. Верхнеюрский этап образования углеродистых формаций и, в частности, таких высокоуглеродистых, как горючие сланцы, наиболее мощно проявился на всем востоке Русской платформы и в Западной Сибири.

Углеродсодержащие литологические комплексы мелового возраста, получившие широкое развитие главным образом в баррем-апт-альбе и сеноман-туроне являются отражением так называемых «глобальных океанических событий развития восстановительных обстановок». Это были периоды, когда в морские бассейны поступало большое количество ОВ как автохтонного, так и аллохтонного, воды бассейнов были обеднены кислородом.

Во многих районах Альпийско-Средиземноморского пояса известны углеродистые породы, отлагавшиеся некогда на континентальных окраинах Тетиса. Они широко известны в Итальянских Апеннинах, Швейцарских Альпах, в Баварии, на западе Сицилии, в Южных Апеннинах. Подобные фации развиты в Пенинской зоне Польских и Чехословацких Карпат, Черногорской зоне Советских Карпат, зоне Аудиа Румынских Карпат.

В раннемеловых углеродистых комплексах карпатского флиша, где преобладает органика сапропелевого типа каменноугольной стадии углефикации, аккумулируются главным образом сидерофильные элементы — никель, кобальт, ванадий и серебро. Эти углеродисто-глинисто-кремнистые породы находятся в зоне глубинно-катагенетических преобразований. В отдельных участках нижних частей раннемелового разреза, где эти породы наиболее глубоко преобразованы, наблюдаются повышенные содержания кобальта, никеля и ванадия, появляется олово. Дополнительную сорбцию этих элементов ОВ, а также глинистыми минералами и сульфидами, мы связываем с обогащенностью пород нестойкими компонентами разрушавшихся основных пород (продукты предшествующего осадконакоплению вулканизма) и их интенсивным внутрислойным растворением в зоне глубинного катагенеза. Кроме того, с этой стадией постседиментационного преобразования пород связана битумизация ОВ, а битумные фракции способны активно связывать ряд рудных элементов.

На границе юра—мел проявился эффузивный процесс — это были основные эффузивы группы диабазов или спилитов, что определило преимущественное накопление таких сидерофильных элементов, как никель, кобальт, ванадий. Таким образом, геохимическая обстановка раннемелового бассейна определялась обогащением осадков элементами основного ряда, значительными размерами акватории бассейна, когда концентрация микроэлементов осуществлялась в условиях тонкой и длительной осадочной дифференциации вещества, поступлением больших масс органического материала.

Достаточно однородный химический состав и довольно равномерное распределение микроэлементов по простиранию пластов на большой площади распространения углеродисто-глинисто-кремнистых пород дают основание сделать заключение о первичном осадочно-диагенетическом обогащения металлами этих горизонтов.

Образование углеродсодержащих пород олигоцена происходило в завершающие стадии развития геосинклинального бассейна. Поступление больших масс органического углерода привело к широкому развитию во флишевых толщах битуминозных менилитовых сланцев. Среди этих



Рис. 1. Формы «стрессовых обособлений» кремнезема, углеродистого вещества и пирита в дислоцированных фтанитах из зон надвигов.
Увеличение 90; без анализатора.

образований отмечаются углеродисто-кремнистые, углеродисто-глинисто-кремнистые и углеродисто-туфогенные литотипы. Менилитовые битуминозные сланцы характеризуются однородностью фациального состава на больших расстояниях, что свидетельствует об устойчивых палеогеографических, гидродинамических и биогеохимических условиях их формирования. Сланцы обнажаются полосками протяженностью до сотен километров и шириной до нескольких километров. ОВ менилитовых сланцев представлено бесструктурной хлопьевидной массой и относится к сапропелевому, редко — гумусовосапропелевому типу. Следует отметить, что в углеродистых литологических комплексах раннего мела и олигоцена преобладает органика сапропелевого типа каменноугольной стадии углефикации. Здесь, в условиях однородного палеогеотермического поля, когда увеличение температуры и давления связано только с погружением осадкой на ту или иную глубину, преобразование органического и минерального компонентов происходило относительно синхронно.

Геохимическая обстановка в олигоцене бассейне определялась большими размерами акватории бассейна, проявлением синхронных вулканических процессов (главным образом в виде подводных взрывов),



Рис. 2. Морфология кварцевых «стрессовых» микротекстур в углеродистых метасиликатах в условиях пластической деформации породы.
Увеличение 90; без анализатора.

накоплением большого количества органического углерода и возникновением зоны сероводородного заражения.

С породами, обогащенными органическим углеродом, связаны наиболее высокие содержания ванадия, который обычно образует металлоганические соединения, и молибдена, концентрирующегося в морских илах с органическим веществом и сульфидами. Влияние синхронного вулканизма, обусловившего поступление в бассейн седиментации эндогенного материала в виде пеплов и туфов, сказалось в накоплении в осадках таких халькофильных элементов, как медь, свинец и цинк, что связано с разложением пирокластики. Концентрация этих трех металлов контролировалась главным образом сорбцией глинистым веществом — монтмориллонитом — дополненной органическими реакциями и осаждением в богатой сероводородом восстановительной среде. Есть данные также о наличии в битуминозных породах олигоцена селена и рения («Комплексные...»). Таким образом углеродистые породы олигоцена характеризуются сидеро-халькофильной геохимической специализацией.

Формирование углеродистых формаций в олигоцене в глобальном масштабе происходило главным образом в пределах Средиземноморского геосинклинального пояса (Карпаты, Крым, Кавказ, Южно-Таджикская депрессия и др.).

Т а б л и ц а 1

Геохимическая специализация углеродсодержащих пород фанерозоя
Советских Карпат

Возраст	Тип бассейна	Преобладающий тип органического вещества	Спектр типоморфных микроэлементов
кембрий	геосинклинальный	сапропелевый	V, Cu, Zn, Mo, Pb, Sn, Mn, P, Au
поздний триас	эпиконтинентальный	гумусовый	V, Pb, Ti
поздняя юра	эпиконтинентальный	гумусово-сапро- пелевый	V, Ni, Mo, Ag, Zn, TR, Ti, Mn
ранний мел	геосинклинальный	сапропелевый	V, Ni, Co, Ag
олигоцен	геосинклинальный	сапропелевый	V, Mo, Ni, Cu, Pb, Zn, Re

Характерной особенностью углеродсодержащих литотипов пород является повышенная концентрация устойчивого набора сидеро-халькофильной ассоциации рудных элементов, содержания которых нередко превышают кларковые для осадочных пород. Однако, в целом осадочно-катагенетические процессы не приводят к большим концентрациям рудных элементов в углеродистых формациях. Это так называемые «рудоподготовительные» процессы. Повышенные концентрации формируются при наложенных процессах, вызывающих перераспределение ОВ и сопровождающую мобилизацию рудных элементов.

Широко развитые в Карпатском регионе процессы покровообразования привели к формированию зон дислокаций, милонитизации, брекчирования. Процессы динамокатагенеза проявились в зонах надвигов на границах Скибовой зоны и Предкарпатского прогиба, Скибовой и Силезской зон, где в углеродисто-кремнистых и углеродисто-туфогенных образованиях олигоцена отмечаются повышенные содержания молибдена, ванадия и др. элементов. Тектонические деформации оказывали термодинамическое воздействие на углеродсодержащие породы, что вызывало перераспределение и трансформацию органики и сопровождающую мобилизацию рудных элементов. В углеродистых породах из зон надвигов, дислокаций и милонитизации отмечаются так называемые «стрессовые» обособления, в которых вместе с кварцем присутствует перетолженный углеродистый материал и сульфиды (рис. 1). Большой интерес в связи с проблемой образования метаморфогенных концентраций рудных элементов представляет перераспределение вещества углеродистых метаосадочных пород в процессе дислокационного метаморфизма. В изученных углеродистых метасилицитах кембрийского возраста в процессе дислокационного метаморфизма происходила перегруппиров-

ка компонентов пород. Кремнезем, органика и рудные компоненты перераспределялись в прожилках и заполняли возникшие при дислокациях полости (рис. 2).

Таким образом, углеродистые породы являются благоприятной литологической рудолокализирующей средой, в которой происходила вторичная концентрация металлов. Рудоконтролирующими факторами являются литологофациальный и тектонический.

Анализ геохимических особенностей изученных углеродистых пород показал, что наряду с единообразием спектра редких и рассеянных элементов, присущих этим породам, отмечаются существенные вариации количественных и качественных соотношений между элементами (таб. 1). Наличие определенного спектра микроэлементов и величин их концентраций в породах определялся составом пород водосборных площадей и наличием вулканогенного материала. Увеличение содержания и расширение спектра ассоциаций микроэлементов находится в прямой связи с проявлениями предшествующего осадконакоплению и синхронного вулканизма. Наблюдается тенденция, заключающаяся в усилении халькофильных свойств ассоциаций элементов в изученных породах позднегеосинклинальных стадий развития, что связано, вероятно, с характером синхронных вулканических проявлений. В зависимости от размеров акватории и глубины бассейна изменяется тип ОВ, что влечет за собой и изменение связанных с определенным типом ОВ спектра микроэлементов.

В углеродистых породах олигоцена накапливаются элементы с отчетливой способностью концентрироваться в нефтях (это молибден, ванадий, никель), а также элементы, накапливающиеся в связанных с нефтью хлоридных рассолах (это цинк, свинец, медь, серебро). Это дает основание полагать, что местами одним из факторов, определяющих повышенные содержания рудных элементов в углеродистых породах, могла быть нефть, проникающая в бассейн седиментации.

ЛИТЕРАТУРА

- КОМПЛЕКСНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХАЛЬКОФИЛЬНЫХ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ, 1982: Недра, Москва, 266 с.
- ПЕРУЧЕВ, С. Г., 1976: Эпохи радиоактивности в истории Земли и развитие биосферы. Геол. и Геофиз. (Новосибирск), 2, с. 3—14.
- ПЕРУЧЕВ, С. Г. — БЕКЕТОВ, В. М., 1981: Эволюция обстановок в накоплении богатых сапропелевым органическим веществом сланцевых отложений. Б. кн.: Эволюция осадочного процесса на континентах и океанах. Новосибирск, с. 243—245.
- ПОПЛАВКО, Е. М. — ИВАНОВ, В. В. — ОРЕХОВ, В. С. и др., 1983: Особенности металлоносности горючих сланцев и некоторые предположения об их генезисе. Геохимия (Москва), 9, с. 1411—1417.
- ТИМОФЕЕВ, П. П. — ХОЛОДВ, В. Н. — ХВОРОВА, И. В., 1983: Эволюция процессов осадконакопления на континентах и в океанах. Литол. полезн. Ископ. (Москва), 5, с. 3—23.
- JENKINS, H. C., 1980: Cretaceous anoxic events: from continents to oceans. J. Geol. Soc. (London — Edinburgh), 137, с. 171—188.
- TOURTERLOT, H. A., 1979: Black-shale — its deposition and diagenesis. Clays and Clay Miner. (New York), 27, 5, с. 313—321.

Рукопись получена 13 декабря 1985 г.